



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

상지운동장애인을 위한 전동휠체어 조이스틱 기반 스마트폰 솔루션

- 척수손상장애인과 뇌성마비 환자를 중심으로 -

2015 년 07 월

서울대학교 대학원

융합과학부 디지털정보융합전공

안 현 진

상지운동장애인을 위한 전동휠체어 조이스틱 기반 스마트폰 솔루션

- 척수손상장애인과 뇌성마비 환자를 중심으로 -

지도 교수 이 중 식

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2015 년 07 월

서울대학교 대학원

융합과학부 디지털정보융합전공

안 현 진

안현진의 공학석사 학위논문을 인준함

2015 년 07 월

위 원 장 서 봉 원 (인)

부위원장 이 중 식 (인)

위 원 이 상 목 (인)

초 록

터치 인터페이스 기반 스마트폰의 대중화가 상지운동장애인에 대한 정보격차를 야기하고 있다. 뇌성마비, 경수 손상의 상지운동장애인은 운동 기능의 한계, 불수의적 움직임 등으로 다양한 터치 제스처를 사용하기 어렵기 때문이다.

이 문제를 해결하고자 본 연구에서는 뇌성마비 혹은 척수 손상을 앓고 있는 상지운동장애인 10 명을 대상으로 스마트폰 사용에 대한 인터뷰 및 사용 관찰을 진행했다. 이를 통해 상지운동장애인이 스마트폰 사용시 겪는 어려움들을 밝혀냈으며, (1)비장애인과 똑같은 사용, (2)물리적 인터페이스가 갖는 이점, (3)빠른 입력보다 정확한 입력이 중요하다는 세 가지 디자인 제언을 제시하였다.

세 제언을 바탕으로 전동휠체어 조이스틱 기반 스마트폰 솔루션인 옥토퍼스 런처를 개발했다. 옥토퍼스 런처는 조이스틱의 8 방향 조작 방식에 특화된 UI 로 설계되었으며, 버튼 없이 보조 메뉴를 통해 탭, 스크롤, 홈, 뒤로 가기, 메뉴, 문자 입력 등 다양한 입력을 할 수 있다.

사용성 평가 결과 옥토퍼스 런처는 학습성 외의 항목에서 대체로 우수한 평가를 받았다. 특히 터치 유저 인터페이스를 전혀 사용할 수 없던 일부 참여자가 옥토퍼스 런처를 통해 스마트폰을 사용할 수 있게 되기도 했다.

주요어 : Accessibility, Smartphone, Application, Upper Limb Disability, Spinal cord Injury, Cerebral palsy

학 번 : 2013-22408

목 차

제 1 장 서 론.....	1
제 1 절 연구의 배경 및 의의.....	1
제 2 장 관련 개념 및 연구	3
제 1 절 상지운동장애인의 이해	3
제 2 절 상지운동장애인의 터치 인터페이스 접근성.....	10
제 3 절 전동휠체어 조이스틱.....	13
제 3 장 사용자 조사.....	15
제 1 절 사전 인터뷰.....	15
제 2 절 심층 인터뷰.....	18
제 3 절 스마트폰 사용 관찰	24
제 4 장 디자인 제언.....	30
제 1 절 비장애인과 똑같이 스마트폰 사용	30
제 2 절 개인화된 물리적 인터페이스: 조이스틱	31
제 3 절 빠른 입력보다 정확한 입력이 중요	32
제 5 장 시스템 구성 및 설계.....	33
제 1 절 시스템 구성.....	34
제 2 절 인터페이스 설계.....	35
제 6 장 사용성 평가.....	41
제 1 절 성과 평가	41
제 2 절 사후 평가.....	52
제 7 장 토 론.....	59
제 1 절 학습성에 대한 고려	59

제 2 절 자유도와 정확도의 관계.....	60
제 8 장 결 론.....	61
제 1 절 연구의 요약.....	61
제 2 절 연구의 한계 및 시사점	64
제 9 장 추가 개발	66
참고문헌	69
Abstract.....	75

표 목차

[표 1] ASIA impairment scale(revised 2000).....	5
[표 2] Key muscle for ASIA motor neurological level classification	6
[표 3] GMFCS for children with CP.....	8
[표 4] 뇌성마비의 운동기능에 의한 분류.....	9
[표 5] 사전 인터뷰 참여자 리스트	16
[표 6] 심층 인터뷰 및 스마트폰 사용 관찰 참여자 리스트	18
[표 7] 심층 인터뷰 가이드라인	19
[표 8] 스마트폰 사용 관찰을 위한 과업 리스트	25
[표 9] 한글 자모 빈도 조사표	39
[표 10] 성과 평가 참여자 리스트.....	42
[표 11] 성과 평가 과업 리스트.....	43
[표 12] 에러 코드 및 상세 설명	45
[표 13] 시도에 따른 수행 시간의 변화.....	46
[표 14] 기존 방법과 옥토퍼스 런치의 과업 수행 시간 비교(단위: 초) ...	48
[표 15] 코더간 신뢰도 평가 결과.....	50
[표 16] 참여자별 에러 발생 횟수 (단위: 건)	50
[표 17] 코드별 에러 발생 빈도 (단위: 초).....	51
[표 18] 사후 평가 참여자 리스트.....	53
[표 19] 옥토퍼스 런치의 참여자별 SUS평가 결과.....	55

[표 20] 가설2와 가설3의 회귀분석 결과 해석(계수)	56
[표 21] System Usability Scale(SUS) 문항과 변환 평균 점수.....	57

그림 목차

[그림 1] 우리나라 연도별 등록장애인 추이	3
[그림 2] 척수의 구성	4
[그림 3] 조이스틱의 개인화 예	14
[그림 4] 물어서 물리 버튼을 누르는 P09.....	22
[그림 5] 터치 시간 조절 실패(P06)	26
[그림 6] 살짝 건드려 오타가 발생한 경우(P01)	26
[그림 7] 불수의적 운동으로 인한 에러(P05)	27
[그림 8] 한글 입력(천지인)과 영문 입력(QWERTY).....	28
[그림 9] 혀를 이용한 인터넷 사용(P04)	29
[그림 10] 스마트폰 사용을 힘들어하는 P03	30
[그림 11] 장애인 컴퓨터 보조기구 예시	32
[그림 12] 옥토퍼스 런처의 하드웨어 구성.....	33
[그림 13] 주행-스마트폰 모드 전환 스위치	34
[그림 14] 조이스틱 신호 변환.....	35
[그림 15] 옥토퍼스 런처의 메인 뷰와 보조 메뉴	36
[그림 16] 옥토퍼스 런처 보조 메뉴 조작 방법.....	37
[그림 17] Progress Bar 예시	37
[그림 18] 옥토퍼스 런처의 보조 메뉴와 키패드 보조 메뉴	39
[그림 19] The human-machine interface. Input devices are the controls humans manipulate to change the machine state	44
[그림 20] 옥토퍼스 런처를 통해 스마트폰 사용이 가능해진 U01	48
[그림 21] 손가락 운동 기능이 없는 U02의 옥토퍼스 런처 사용	49
[그림 22] Overview of learnability factors	58
[그림 23] 별도 조이스틱 외부 설치(프로토타입).....	66
[그림 24] 자이로 센서를 이용한 방법(프로토타입)	67

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 의의

전 세계적으로 스마트폰 보급이 급속히 확산되면서 스마트폰은 보편적인 커뮤니케이션 수단이자 정보활동의 중심적 도구로 자리잡았다. 이전에 존재하던 피쳐폰이 단순히 통화, 문자 위주의 커뮤니케이션 중심 도구였다면, 스마트폰은 커뮤니케이션은 물론, 인터넷, 스케줄 관리, 음악 및 영화 감상, 게임 등 여러 기기에서 독립적으로 제공하고 있던 다양한 기능까지 통합한 멀티미디어 도구이다.

그러나 스마트폰의 출현은 오히려 상지운동장애인에게 사회적 격차를 느끼게 하는 요인으로 작용한다. 스마트폰이 탑재하고 있는 터치 유저 인터페이스(Touch User Interface)는 비장애인에게는 직관적인 입력 방식이지만, 척수손상(Spinal cord Injury), 뇌성마비(Cerebral palsy), 루게릭병(ALS), 근위축증(Muscular Dystrophy), 뇌졸중(Stroke) 등을 앓고 있는 상지운동장애인은 오히려 그것에 불편함을 느낀다. 왜냐하면 기존 피쳐폰에 비해 버튼 영역이 물리적으로 구분되어 있지 않고 피드백이 부족하기 때문에 정확히 타겟을 선택하기가 어렵기 때문이다[1].

보조공학 분야에서는 이전부터 장애인의 터치 유저 인터페이스에 대한 접근성 연구를 진행해왔지만 현재 터치 유저 인터페이스에 맞지 않은 연구(eg. PDA)가 대부분이며, 지금의 스마트폰이 채용하고 있는 터치 유저 인터페이스 수준에 적합한 연구는 충분히 이루어지지 않았다.

본 연구는 상지운동장애인의 스마트폰 접근성 문제를 해결하고자 하는 목적에서 출발하였다. 전주중증장애인생활지원센터와 국립재활원에서 생활하는 척수손상장애 혹은 뇌성마비를 앓고 있는 상지운동장애인 10 명을 대상으로 심층 인터뷰와 스마트폰 사용 관찰을 진행하였고, 이를 통해 스마트폰을 사용하며 겪는 어려움을 발견하였다. 발견된 문제점들을 통해

세 가지 디자인 가이드라인을 제안하였고, 그것을 바탕으로 전동휠체어 8 방향 조이스틱을 이용하여 커서 방식으로 스마트폰을 조작할 수 있는 솔루션인 옥토퍼스 런처를 개발하였다.

옥토퍼스 런처는 조이스틱의 8 방향 조작방식에 특화된 UI 로 설계되었으며 버튼 없이 보조 메뉴를 통해 탭, 스크롤, 홈, 뒤로 가기, 메뉴, 문자 입력 등 다양한 입력을 할 수 있다. 앱 수준이 아닌 조작 수준의 솔루션이기 때문에 조작 방식만 익힌다면 시중에 나와있는 모든 어플리케이션을 사용할 수 있다.

실제 상지운동장애인을 대상으로한 사용성 평가를 위해 옥토퍼스 런처의 실효성에 대하여 검증하였고 학습성을 제외한 영역에서 좋은 평가를 받았다. 특히 터치 인터페이스를 사용할 수 없는 참여자가 옥토퍼스 런처를 통해 사용할 수 있게 되기도 했다.

본 연구는 HCI 및 보조공학 분야에 대해 세 가지의 공헌점을 가진다.

- 상지운동장애인이 스마트폰을 사용하며 겪는 문제를 밝혀내고, 이를 통해 스마트폰 보조기구 설계에 대한 디자인 가이드라인을 제시하였다.
- 도출한 디자인 가이드라인을 바탕으로 전동휠체어 조이스틱을 이용한 스마트폰 솔루션, 옥토퍼스 런처를 개발하였다.
- 개발한 솔루션을 사용성 평가를 통해 검증하였으며, 검증을 통해 나온 발견은 관련 연구자들의 향후 연구에 대한 기회를 제공할 것이다.

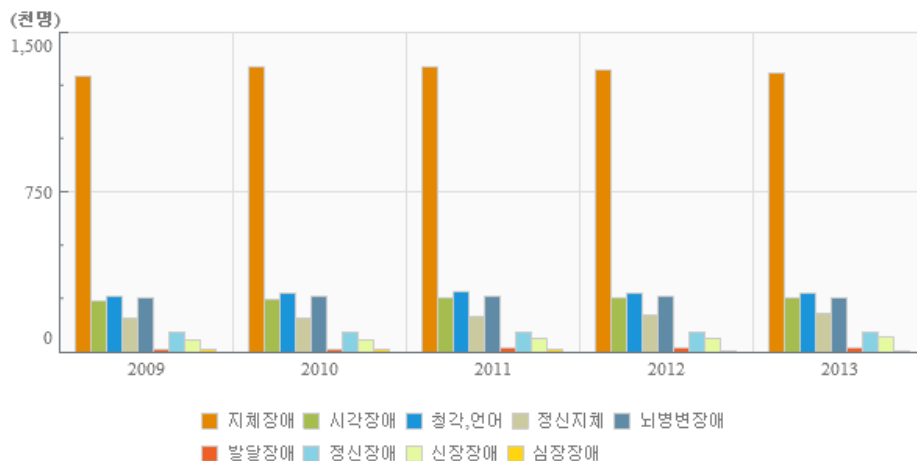
제 2 장 관련 개념 및 연구

제 1 절 상지운동장애인의 이해

상지란 어깨부터 손목사이를 말한다^①. 일반적으로 팔(Arm)을 지칭하는 표현으로 많이 사용되고 있지만 해부학적으로 팔은 어깨부터 팔꿈치까지를 의미하므로 둘은 동의어가 아니다.

상지운동장애인이란 ‘상지의 운동기능에 장애를 가진자’를 말한다. 척수손상(Spinal Cord Injury), 뇌성마비(Cerebral palsy), 루게릭병(ALS), 근육병(Muscular Dystrophy), 뇌졸중(Stroke) 등의 질환을 앓고 있는 장애인이 상지운동장애를 가지며 우리나라 장애인 복지법 시행령 제 2 조^②에 따라 위 장애들은 지체장애 혹은 뇌병변장애 범주에 속한다.

연도별 등록장애인 추이



〈그림 1〉 우리나라 연도별 등록장애인 추이[2]

① "Arm". National Library of Medicine. Retrieved June 2015.

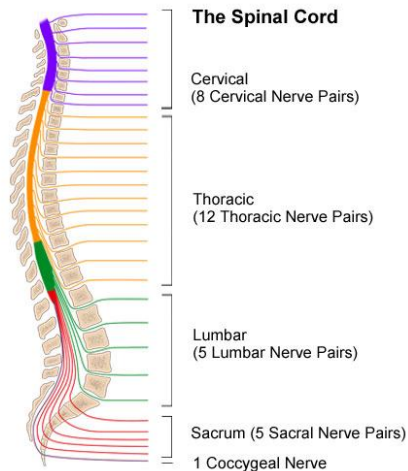
② 장애인 복지법 시행령, <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=161819&efYd=20150505#0000>

보건복지부의 우리나라 연도별 등록장애인 추이(2013)에 따르면 지체장애와 뇌병변장애에 대한 등록장애인은 전체 2,501,112 명 중 각각 1,309,285 명(52.35%), 253,493 명(10.14%)에 달하는 것으로 나타났다. 이는 전체 등록장애인 수의 과반수를 넘는 수치이며, 그 뒤를 잇는 청각,언어장애(10.99%), 시각장애(10.05%)와 비교해보아도 압도적으로 높은 비율이다.

본 연구는 전주중증장애인지역생활센터와 국립재활원의 도움으로 진행되었으며 두 기관에서 주로 활동하는 척수손상과 뇌성마비 장애인을 중심으로 진행하였다. 척수손상과 뇌성마비 장애인이 가지는 운동 기능적 특징을 간략히 알아보겠다.

1.1 척수손상장애인의 운동 기능 특성

척수는 뇌와 몸 사이에 운동/감각 정보를 전달하는 역할을 하는 중추신경의 일부분이다[3].



〈그림 2〉 척수의 구성^③

③ Rochester Medical Center:

<http://urmc.rochester.edu/encyclopedia/content.aspx?ContentTypeID=85&ContentID=P01180>

척수에서 위치하는 높이에 따라 목부위의 경수(Cervical spinal nerves), 가슴부위의 흉수(Thoracic spinal nerves), 허리부위를 요수(Lumbar spinal nerves), 그 아래의 천수(Sacral spinal nerves)라 하며 가장 끝부분을 꼬리라는 의미로 미수(Coccyx spinal nerves)라고 한다(그림 2).

척수신경이 나오는 높이에 의해 척수의 레벨 또한 정해진다. 그래서 경수의 경우 8 쌍, 흉수의 경우 12 쌍, 요수의 경우 5 쌍, 천수의 5 쌍, 미수의 1 쌍, 총 31 쌍으로 나뉜다^④.

각각의 기능을 살펴보면 경수는 목, 어깨, 팔, 손, 그리고 횡경막의 근육을 담당하며 흉수는 호흡을 포함한 몸통 근육과 하지의 움직임, 천수와 미수는 엉덩이, 다리, 발의 근육, 항문 및 요도의 기능을 담당한다^⑤.

척수손상 부위를 결정하는 기준은 마지막 정상 신경절 부위를 기준으로 하는데 미국척수손상협회(America Spinal Injury Association, ASIA)에서 제시한 'ASIA impairment Scale(AIS)'에 따른다[3]. AIS 는 척수손상의 정도를 아래 <표 1>와 같이 A-E 까지 5 가지로 분류한다.

<표 1> ASIA impairment scale(revised 2000)

Grade	손상 타입	손상정도
A	완전손상	천수절 S4-5 에 운동 및 감각 기능이 소실된 상태
B	불완전손상	신경학적 손상 수준 하부에 천수절 S4-5 를 포함하여 감각기능은 존재하나 운동기능은 소실된 상태
C	불완전손상	운동기능이 신경학적 손상 수준 하부에서 존재하나 특정 근육군의 과반수 이상의 근력이 ¼미만인 상태
D	불완전손상	운동기능이 신경학적 손상 수준 하부에서 존재하고, 특정 근육군의 절반 이상에서 근력이 최소 ⅓이상
E	정상	운동 및 감각 기능이 정상인 상태

④ Spine Universe: <http://www.spineuniverse.com/anatomy/nerve-structures-spine>

⑤ Spinal hub: <http://www.spinalhub.com.au/what-is-a-spinal-cord-injury/what-happens-to-the-spinal-cord-after-injury/spinal-nerves-up-close>

본 연구에서 대상으로 하는 상지운동장애는 대부분 경수가 손상되었을 때 나타나며 C1~C7 중 어느 부위가 얼마나 손상되었느냐에 따라 기대 가능한 운동기능의 정도가 달라지게 된다. 예를 들어 횡격막의 움직임을 관장하는 C3 의 부위가 ASIA impairment Scale 기준으로 완전 손상되는 경우 C3 이하의 부위에서 관장하는 운동기능이 완전히 소실될 뿐만 아니라 자가 호흡이 어려워 호흡기에 의존해야만 한다[3]. ASIA 운동 기능 레벨은 근력이 최소한 중력을 반할 정도의 힘이거나 혹은 그 이상이며 바로 상부 척수절 중심 근육의 근력은 정상인 경우에 결정된다.

척수 손상과 기대가능한 운동기능의 정도는 <표 2>와 같다.

<표 2> Key muscle for ASIA motor neurological level classification

<i>Motor Level</i>	<i>Key muscle function</i>
C1-C4	감각 레벨과 횡격막(sensory level and diaphragm)
C5	주관절 굴곡근: 이두근, 상완근(Elbow flexors: biceps, brachialis)
C6	수근 신전근: 요측수근신근, 단요측 수근신근 (Wrist extensors: extensor carpi radialis longus and brevis)
C7	주관절 신전근: 삼두근(Elbow extensors: triceps)
C8	수지 굴곡근: 심지굴근 (Finger flexors: flexor digitorum profundus to the middle finger)
T1	소지외전근 (Small finger abductors: abductor digiti minimi)
L2	엉덩이 굴곡근(Hip flexors: iliopsoas)
L3	무릎 신근(Knee extensors: quadriceps)
L4	발목 배굴근(Ankle dorsiflexors: tibialis anterior)
L5	장무지 신전근: (Long toe extensors: extensor hallucis longus)
S1	족관절 저측 굴곡근(Ankle plantar flexors: gastrocnemius, soleus)

C4 레벨의 목척수손상 환자는 목척추 부위의 척추주위근, 목빗근, 등세모든의 기능은 유지되지만 이를 제외한 팔다리 및 몸통의 능동적인

근수축이 불가능하다. 또한 C3 레벨 이상 손상시에는 자발적 호흡이 불가능하므로, 호흡기의 사용이 필수적이다.

1.2 뇌성마비(Cerebral palsy) 환자의 운동 기능 특성

뇌성마비란 태어나 유아기에 뇌의 발달이 제한되어 운동이나 자세에 대해 발생한 질병들을 집합적으로 일컫는 개념이다. 운동기능의 문제와 함께 감각, 지각, 의사소통, 직관, 행동, 발작 장애가 흔히 함께 나타난다[4].

뇌성마비를 분류하는 기준에는 중증도에 따른 분류(Severity level), 국소해부학적 분류(Topographical distribution), 운동기능에 의한 분류(Motor function), 대동작기능분류시스템(Gross Motor Function Classification System, GMFCS)[5] 등이 있다^⑥.

이 중 본 연구와 관련도가 높고 운동기능의 이해가 용이한 대동작 기능 분류 시스템(GMFCS)[5]과 운동기능에 의한 분류(Motor function)에 대해 간략히 알아보겠다.

1.2.1 대동작 기능 분류 시스템(GMFCS)

뇌성마비 대운동 기능 분류 시스템(Gross Motor Function Classification System, GMFCS)은 뇌성마비아가 자발적으로 시작하는 동작을 평가하는 시스템으로서 앉기, 이동 동작, 가동성에 중점을 둔다. 다섯 단계의 분류 시스템을 정의할 때, 주된 기준은 각 단계가 일상생활에서 의미 있게 구분되어야 한다는 점이다[5]. 기능적 제한과, 손으로 잡는 보행 보조 기구(워커, 목발, 지팡이 등)나 바퀴 달린 이동 장비가 필요한가에 근거하여 단계를 구분하며, 훨씬 덜 중요하긴 하나 동작의 질 또한 구분 기준이 된다[5]. GMFCS의 레벨 등급 선정 기준은 <표 3>과 같다.

⑥ Types of cerebral palsy: <http://cerebralpalsy.org/about-cerebral-palsy/types-and-forms/>

〈표 3〉 GMFCS for children with CP

<i>GMFCS</i>	<i>Description</i>
Level I	제한 없이 걷는다
Level II	걷지만 제한적이다
Level III	손으로 잡는 보행 보조 기구를 사용하여 걷는다
Level IV	자가 이동 가능하나 제한적이며 전동 이동 장비를 사용할 수 있다
Level V	수동 휠체어로 다른 사람이 옮겨줘야 한다

GMFCS 분류에 따르면 Level II~V 의 뇌성마비 환자들은 하지의 움직임이 제한되어 목발이나 휠체어 등의 보행 보조 기구를 사용한다. 특히 Level IV 이상의 환자들은 상지운동기능에 일부 제약이 있을 수는 있지만 전동휠체어 등의 전동 이동 장비를 스스로 사용할 수는 있다[5].

1.2.2 운동기능에 의한 분류(Motor function)

뇌성마비로 인한 뇌손상은 운동기능에 영향을 주며 몸을 원하는대로 움직일 수 없게 한다. 크게 경직성 뇌성마비(Spastic cerebral palsy)와 비경직성 뇌성마비(Non-spastic cerebral palsy)으로 나뉘며 각각은 다양한 하위 항목을 가진다(표 4). 서로 다른 증상이 함께 나타나기도 한다. 경직성은 근긴장도(Muscle tone)이 높은 특성이 있으며 비경직성은 근긴장도가 낮거나 동요하는 모습을 보인다. 경직성 뇌성마비는 전체 중 약 70~80%를 차지한다.

〈표 4〉 뇌성마비의 운동기능에 의한 분류^⑦

대분류	소분류
경직성 뇌성마비 (Spastic cerebral palsy)	편측마비 혹은 양측마비: 같은 쪽에 있는 팔과 다리(hemiplegia) 혹은 두 다리(diplegia or paraplegia)의 운동마비. 경직성 뇌성마비에서 가장 흔하게 나타남.
	단마비: 하나의 팔 혹은 하나의 다리의 운동마비 (Monoplegia).
	사지마비: 두 팔과 두 다리의 운동마비(Quadriplegia). 흔히 몸통과 입, 혀, 호흡기관에도 영향을 받음. 먹거나 말하는 것이 어려움.
비경직성 뇌성마비 (Non-spastic cerebral palsy)	삼지마비: 하나의 상지와 두 다리 혹은 두 상지와 하나의 하지의 운동마비(Triplegia).
	운동장애: 근긴장도의 변동과 관련. 어떤 경우에 빠르고 덜컹거리거나 불수의적인 움직임이 나타나기도 한다. 이런 움직임은 얼굴이나 목, 손, 발, 팔, 다리, 상반신에 종종 나타남.
Mixed cerebral palsy	운동실조(Ataxic cerebral palsy): 가장 드문 타입. 상반신, 손, 팔, 다리에 비정상적인 움직임이 나타남.
	한 개 타입 이상의 뇌성마비 증상을 가지고 있는 경우.

뇌성마비는 미성숙한 뇌에 생긴 병변이 운동영역에만 국한되는 것은 아니므로 운동장애를 일으키는 뇌손상이 여러 다른 장애도 동시에 유발할 수 있다^⑧. 지적장애는 뇌성마비 중 약 50%에서 동반되고 있으며, 학습장애 등을 포함하면 약 75%에 이르므로 매우 흔한 동반장애이다. 또한 뇌성마비 아동의 약 50%에서 사시가 있으며 약 15%에서 심한 시력저하가 나타난다. 이 외에도 경련, 청각장애, 구강운동 장애, 위장관 장애가 함께 동반되는 경우가 있다.

⑦ WebMD: <http://www.webmd.com/brain/tc/types-of-cerebral-palsy-topic-overview>

⑧ 네이버 건강백과:

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2119964&cid=51004&categoryId=51004>

제 2 절 상지운동장애인의 터치 인터페이스 접근성

스마트폰이 갖는 특징 중 하나는 인터페이스가 사용자와 신체 사이를 독특하게 매개하고 있다는 것이다[6]. 음성 통화에서 SMS(short message service), MMS(multimedia message service) 등의 메시지 서비스로 발전하면서 기존의 휴대전화가 청각 중심에서 청각과 시각 중심으로 감각 양식(sensory modalities)의 전환을 이끌었다면, 스마트폰은 한 걸음 더 나아가 촉각 인터페이스의 구현을 통해 청각, 시각, 촉각 등 다중 감각 양식의 미디어로 전환을 성취했다. 이를 통해 '촉각적 시각(haptic vision)'이라는 독특한 감각 양식을 만들어 내고 있다[7].

촉각적 시각이라는 독특한 감각 양식은 자연스럽게 시각 장애인과 상지 운동 장애인의 접근성 문제를 야기한다. 시각 장애의 경우 연구 문제가 비교적 명확하고 연구자가 공감하기 쉽기 때문에 상지 운동 장애 대비 많은 연구가 진행되어 있다. 상지 운동 장애의 경우 병증이 다양하기 때문에 비교적 현상을 일반화하기 힘들고 장애 상황을 이해하는 것도 힘들기 때문에 많은 연구가 진행되지 않고 있는 실정이다.

본 절에서는 터치 인터페이스의 등장과 함께 등장한 상지운동장애인의 접근성 이슈와 이를 해결하기 위한 솔루션들을 살펴볼 것이다.

상지운동장애인은 몸을 자유롭게 움직일 수 없기 때문에 비장애인과 터치 인터페이스 사용에 차이를 보인다[8] - [11]. 상지운동장애인은 비장애인에 비해 Tap 동작이 느리고 부정확하며[10][11] 멀티 제스처에 대한 사용이 어려운 경우가 많았다[12]. 또한 손가락이 화면 표면과의 접촉 시간(dwell time)이 더 길고[8][9] 비장애인에 비해 2~2.7 배에 달하는 힘으로 터치하는 것으로 나타났다[11].

이전 연구자들은 이를 해결하기 위해 최소 12mm 이상 되는 큰 버튼을 사용해야 하며[10] 모바일 표면 접촉시간 조절이 가능해야 한다고

제언했다[11]. 또한 모바일 기기들은 접근성 옵션을 설정할 수 있어야 하고 상황에 대한 인지, 모바일 자체에 통합된 솔루션이 필요하다고 제언했다[13].

상지운동장애인의 터치 인터페이스 사용에 대해 정성적으로 접근한 연구도 있다. Kane et al.은 인터뷰와 다이어리 스터디를 통해 장애인들이 개인에게 맞는 다양한 전략으로 모바일 디바이스를 사용한다는 점을 밝혀냈다. 또한 장애인들을 위해 특별히 설계된 제품들은 가격이 비싸기 때문에 시중에 나와있는 제품을 주로 사용한다는 것을 알아냈다[13].

Lisa et al. 은 참여자 수가 적은 접근성 연구의 한계를 극복하기 위해 187 개의 유튜브(Youtube) 영상들을 분석하여 상지운동장애인의 터치스크린 사용을 연구했다[12]. 터치 인터페이스는 조작하는데 매우 적은 힘이 들며 손가락 관절과 같은 손끝 이외의 부위로도 기기들을 다룰 수 있어 사용자에게 편리함을 주는 반면, 핀치와 스와이프와 같은 멀티 제스처들은 문제가 있는 것으로 나타났다. 앞선 Kane et al.(2009)의 발견과 마찬가지로 상지운동장애인들은 개인에 맞는 전략을 통해 터치 디바이스를 사용하고 있었다. 예를 들면 펜 형태의 도구, 오류를 막기 위한 프레임, 고정 도구 등이 그것이다[12].

상지운동장애인의 터치 인터페이스 접근성 문제를 해결하기 위한 솔루션도 연구되어 왔다. 초기 연구들은 PDA 를 중심으로 이루어져 왔다.

EdgeWrite[14]와 Barrier Pointing[15]은 스타일러스 펜을 이용하여 터치 인터페이스가 탑재된 PDA 의 사용성을 높이는 연구이다. EdgeWrite 는 터치 스크린 주변에 있는 테두리가 스타일러스 펜에 걸리는 것을 이용하여 힘조절과 미세한 조작이 힘든 지체 장애인들이 필기 인식 기능을 사용하는 것에 도움을 주는 연구이다. 이와 유사하게 Barrier Pointing 은 화면 모서리와 코너를 이용하여 포인팅의 정확도를 높인 연구이다. Barrier Pointing 을 사용할 경우 기존 방식으로 대상을 선택할 때 보다 에러가 줄어든다는 결과를 보였다[15]. 이 연구들은 물리적인 도움이 접근성 향상에 큰 도움을 준다는 것을 보여준다.

스마트폰이 대중화된 이후에는 상지운동장애인을 위한 스마트폰 솔루션들이 등장하기 시작했다. Borges et al.은 뇌성마비 환자를 위한 개인화 가능한 모바일 기기를 제안했다. 참여 연구 방법론을 통해 의료진과 활동보조인이 뇌성마비 환자에 대한 접근성 이슈를 해결했다. 대상 장애인 M은 시각, 청각 그리고 운동기능에 문제가 있었으며 운동기능의 한계로 인해 키보드 입력이 어려움을 발견하였다. 이를 버튼 사이즈가 큰 가상 키보드를 통해 문제를 해결하였다. 그러나 이전 연구에서 제시한 터치 인터페이스의 터치의 부정확성[7,12]과 멀티 제스처 사용[12] 문제를 해결하지는 못했다.

Dowell은 컴퓨터용 보조 기구를 스마트폰에 연결하여 사용할 수 있게 해주는 런처(Launcher) 어플리케이션이다[16]. 모서리를 이용한 상지운동장애인에 특화된 User Interface로 설계되었으며 버튼을 누를 필요 없이 잠시 머무는 동작으로 스마트폰의 동작들을 수행할 수 있다[16]. 그러나 컴퓨터용 보조기구가 없는 경우 사용할 수 없고 스마트폰 이외의 별도 장비를 거치 해야한다는 한계가 있다.

One-Button Application은 스마트폰의 전체 스크린을 하나의 입력으로 사용할 수 있도록 만든 상지운동장애인을 위한 인터페이스이다[17]. 미세한 조작이 힘든 장애인은 원하는 버튼을 누르는 것이 어렵기 때문에 화면 어느 곳이든 터치하면 포커스가 이동되고 길게 누르면 해당 오브젝트가 선택된다. 직관적이고 간편하지만 상용화된 다양한 어플리케이션에 적용할 수 없고 오직 한정된 어플리케이션만 사용가능하다. 또한 탭 외에 다른 제스처를 사용할 수 없다는 한계가 있다.

애플 및 삼성의 스마트폰에서는 싱글탭(single tap)으로 멀티 제스처 입력을 수행할수 있는 보조 터치(Assistive Touch), 보조 메뉴(Assistive Menu) 기능을 제공하지만 Lisa et al.에 따르면 직관적이지 않아 그의 연구에 참여한 상지운동장애인의 25%만이 해당 기능을 일상적으로 사용한다고 한다[12].

이처럼 초기 터치 인터페이스에 대한 연구들은 PDA 를 중심으로 이루어져왔으며, 이들은 지금의 스마트폰의 터치 인터페이스의 특성과 상이한 부분이 있다. 또한 최근 진행되고 있는 스마트폰 사용 연구들은 전화, 문자, 인터넷 등 제한된 기능만을 사용할 수 있게 하거나 별도 보조기구를 추가적으로 구입해야한다는 한계가 있었다.

본 연구에서는 이 한계점들을 극복하고자 하며 상용화되어 있는 모든 어플리케이션을 사용할 수 있으며 별도의 보조기구 구입없이 전동휠체어 조이스틱을 활용해 스마트폰을 조작할 수 있는 솔루션을 제안할 것이다.

제 3 절 전동휠체어 조이스틱

Census 의 조사 결과에 따르면 2010 년 기준 미국의 363 만 명이 휠체어를 이용한다고 한다[18]. 또한 이 중 10% 는 상지장애나 기타 이유로 전동휠체어를 사용한다[19]. 즉 미국 내 36 만명 이상이 전동휠체어를 이용하고 있는 것이다.

Sonenblum et al.의 연구에 따르면 연구에 참여한 총 7 명의 전동휠체어 사용자가 하루 중 전동휠체어 위에서 보내는 시간은 약 10.6 시간이며 1km 이상을 움직인다고 한다[20]. 이처럼 전동휠체어는 보행이 불가능한 장애인이 스스로의 힘으로 이동할 수 있게 하는 필수적이며 유일한 이동보조도구이다.

전동휠체어의 조작 방식은 조이스틱을 비롯하여 터치 패드(Touchpad Drive Control), 호흡을 이용한 조작(Sip-and-puff), 손가락 조작(Finger

control), 스캔 방식으로 하나의 버튼을 이용한 조작(Scanner Drive Control), 머리 받침대를 이용한 조작(Head Control) 등의 방법이 상용화되어 있다⁹⁾.

위와 같이 여러 가지 전동휠체어를 조작 방식들이 상용화/연구되어 왔지만 그 중 8 방향 조이스틱은 가장 일반적인 전동휠체어 조작 방식이다[21]. 또한 장애 종류와 정도에 따라 손잡이를 교체하여 사용하거나 위치를 바꾸어 사용할 수 있다.



〈그림 3〉 조이스틱의 개인화 예(P01, P08, U14)

〈그림 3〉은 본 연구에 참여한 참가자들의 조이스틱의 활용 예이다.

〈그림 3〉의 첫 번째 사진은 가장 기본적인 조이스틱 사용의 예이다(P01). 상지의 운동기능에 장애가 없거나 손가락의 움직임이 가능한 경우 사용한다. P01 은 뇌성마비 장애를 가지고 있었다.

두 번째 사진은 조이스틱을 사용할 수 있으나 조이스틱 손잡이를 교체한 경우이다(P08). P08 경우 경수 C6 레벨 이상 손상된 척수손상장애인이기 때문에 손목을 비틀지 못하므로 손등을 올려 사용할 수 있는 손잡이로 교체하였다.

세 번째 사진은 프레임을 이용하여 조이스틱을 턱 아래에 설치한 경우이다(U14). U14 는 상지의 운동기능이 완전히 소실된 경수 C4 레벨

⁹⁾ <https://mobilitybasics.ca/wheelchairs/drivecontrols>

이상 손상된 중증 척수손상장애인이다. 이처럼 조이스틱은 상지를 이용한 조작에 국한되는 것이 아니라, 심지어 상지를 움직일 수 없는 장애인도 사용할 수 있는 범용적인 조작 방식이다.

제 3 장 사용자 조사

전문가 및 의료진과 실제 장애인을 대상으로 배경 지식을 얻기 위한 사전 인터뷰를 진행하였으며 이를 바탕으로 이후 실험 과정을 정교화 하였다. 총 10 명의 실제 상지운동장애인을 대상으로한 심층 인터뷰와 스마트폰 사용 관찰을 통해 스마트폰을 사용하는데 겪는 문제점을 발견한다.

제 1 절 사전 인터뷰

본 연구의 대상인 상지장애인에 대한 의학적 지식과 생활전반에 대한 배경지식이 부족했기 때문에 본격적인 사용자 조사에 앞서 사전 인터뷰를 진행했다.

1.1 사전 인터뷰 참여자

사전 인터뷰는 의료진 및 전문가 그룹과 상지운동장애인 그룹으로 나누어 진행하였다(표 5). 의료진 및 전문가 그룹에는 대형 병원 신경외과 간호사와 국가에서 운영하고 있는 재활기관에서 근무하는 보조기구 전문가 및 그곳에서 실제 장애인들에게 사례 서비스를 진행하는 보조공학 분야 연구원이 포함되었다. 이 중 보조기구 전문가는 본인이 척수손상장애를 앓고 있기도 했다. 상지운동장애인 그룹에는 후천적 경수손상으로 상하지의 움직임이 불편한 장애인 1 명과 선천적으로 뇌성마비를 앓고 있는 장애인 1 명, 총 2 명이 포함됐다. 두 참여자 모두 스마트폰을 사용하고 있었으며 컴퓨터 및 스마트폰에 대한 기기 친숙도가 높은 편이었다.

〈표 5〉 사전 인터뷰 참여자 리스트

ID	성별	분류	직업	비고
E1	남	전문가	국립재활원 연구원	척수손상(C6)
E2	여	전문가	신경외과 간호사	경력 3 년
E3	여	전문가	보조공학 연구원	경력 6 년
D1	남	장애인	대학원생	척수손상(C6)
D2	남	장애인	장애인 생활지원센터 근무	뇌성마비 (GMFCS LV4)

1.2 사전 인터뷰 진행 과정

사전 인터뷰는 전화를 통해 30 분 내외로 진행되었으며 반구조화된 질문지를 통해 자유롭게 진행했다. 인터뷰 내용은 사전 동의하에 모두 녹음하였으며 인터뷰 종료 후 전사하여 분석에 활용하였다. 의료진 및 전문가 그룹과 상지운동장애인 그룹에 대해 기본 정보를 제외한 항목에 대해서 서로 다른 질문지를 통해 인터뷰를 진행했다. 의료진 및 전문가 그룹에는 주로 상지장애인의 의학적인 해설, 관련 제도 및 진행되어 온 연구, 연구 진행에 주의해야할 점에 대해 질문하였다. 상지운동장애인 그룹에는 하루 일과와 생활하는 환경, 스마트폰 사용 경험에 대해 주로 물었다.

1.3 사전 인터뷰 결과

장애의 다양성

의료진 및 전문가 그룹의 E01 과 E02 는 같은 질환 및 장애 유형을 가지고 있더라도 개인의 운동기능이 다를 수 있다고 답했다. 척수손상장애의 경우 척수가 손상된 정도에 따라 운동기능의 손상정도가 다를 수 있으며, 손상된 부분에 따라서도 움직일 수 있는 몸의 부위가 달라진다. 또한 뇌성마비 장애인도 마찬가지로 질환의 종류와 정도에 따라 운동기능의 가능 정도가 달라질 수 있다. 이는 같은 질환명 혹은 장애명을

가지고 있다고 해서 장애인의 운동기능 정도가 같다고 일반화할 수 없다는 것을 의미한다. 실험 참여자마다 가지고 있는 운동기능을 각각 파악하는 과정이 반드시 필요하다.

실험 진행시 주의해야할 사항

전문가 E2 는 척수손상장애인과 뇌성마비 장애인은 몸의 항상성을 유지하기 어려운 경우가 있기 때문에 너무 춥거나 더운 환경에서의 실험은 실험 참여자에게 치명적인 영향을 줄 수 있다고 조언했다. 이 연구의 실험이 겨울에 진행될 예정이었기 때문에 적어도 25 도 이상의 실내 환경에서 진행해야 한다고 강조했다.

사전 인터뷰에 참여한 5 명 전문가 및 장애인 모두 욕창의 위험성을 언급했다. 욕창이란 장시간 동일한 체위를 유지하여 혈액순환이 안되어 피부가 괴사하는 것을 말한다^⑩. 주로 오래 누워있거나 휠체어를 타거나 스스로 자세를 바꿀 수 없는 사람에게 나타난다. 욕창을 방지하기 위해서는 20~30 분 정도에 한 번씩 자세를 바꿔야 한다. 따라서 실험 진행시 활동보조인의 도움을 받아 중간중간 자세를 바꾸는 것이 필요하다고 조언했다.

장애인 그룹 사전 인터뷰 참여자 D01, D02 는 중증 척수장애인 및 뇌성마비 환자의 경우 호흡에 지장이 있는 경우가 있어 폐활량이 작기 때문에 비장애인보다 목소리가 작을 수 있으며, 오랜 시간동안 말하기 힘들다고 말했다. 이런 문제 때문에 장시간의 인터뷰를 지양할 것을 조언했다.

^⑩ "pressure sore". National Library of Medicine. Retrieved June 2015.

제 2 절 심층 인터뷰

상지운동장애인의 스마트폰 사용 이유와 개인별 전략, 조작하기 편리한 도구에 대해 알아보하고자 10 명의 상지운동장애인을 대상으로 심층 인터뷰를 진행했다.

2.1 심층 인터뷰 참여자

전주중증장애인생활지원센터 혹은 국립재활원에서 생활하는 총 10 명(남자 9 명, 여자 1 명)의 상지운동장애인을 모집했다. 평균 나이는 33.4 세(SD=7.12)였으며 모든 참여자가 자신의 스마트폰을 소유하고 있었다. 각 참여자는 척수손상장애와 뇌성마비에 인한 상지운동장애를 가지고 있었으며 척수손상장애 5 명, 뇌성마비 환자 5 명으로 구성되었다. 참여자 모집은 현장 모집과 인터넷 커뮤니티를 통해 진행했으며, 모집 과정에서 10 명의 참여자 모두 본인 소유의 스마트폰을 가지고 있지만 사용에는 어려움을 겪고 있다고 응답했다.

〈표 6〉 심층 인터뷰 및 스마트폰 사용 관찰 참여자 리스트

No.	성별	나이	장애 유형	스마트폰 기종	사용 기간	스마트폰 이용 부위
P01	남	39	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시 S4	1 년	손가락
P02	남	27	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시 S4	8 개월	손가락
P03	남	32	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시노트 1	6 개월	손가락
P04	남	33	뇌성마비 (GMFCS LV5)	갤럭시 S3	1 년	혀
P05	남	23	뇌성마비 (GMFCS LV3)	아이폰 5	7 개월	손가락

P06	남	43	척수손상(C5)	갤럭시 S3	5 개월	손가락
P07	남	31	척수손상(C5)	갤럭시노트 2	6 개월	손등
P08	여	32	척수손상(C7)	갤럭시노트 2	3 개월	손가락
P09	남	35	척수손상(C8)	갤럭시 S2	1 년	손가락
P10	남	39	척수손상(C4)	갤럭시노트 2	3 개월	입(막대)

2.2 심층 인터뷰 진행 과정

심층 인터뷰는 사전 인터뷰에서 얻은 ‘실험 진행시 주의사항’을 염두하여 진행하였다. 참여자의 체온이 떨어지는 것을 막기 위해 25℃ 이상이 유지되어 있는 실내에서 진행했다. 연구 초기 인터뷰는 50 분 정도로 계획했으나 욕창, 폐활량 부족 문제를 고려하여 30 분으로 인터뷰 시간을 조정했다.

〈표 7〉 심층 인터뷰 가이드라인

구분	세부 내용
기본정보	나이 / 성별
장애 관련	장애 유형 / 운동기능 정도 / 기간
스마트폰 사용 이유	구입 계기 / 사용 기간 / 기종 / 자주 쓰는 어플리케이션
스마트폰 사용시 겪는 어려움 및 전략	사용하기 어려운 이유 / 나만의 전략 / 다른 장애인의 전략
조작하기 쉬운 도구	조작하기 쉬운 도구

참여자와 활동보조인이 함께 인터뷰에 참여하였으며 참여자가 힘들다 느끼면 언제든지 인터뷰 중단을 요청할 수 있다는 것을 사전에 공지하였다. 생활 전반적인면과 스마트폰 사용과 관련한 부분, 장애에도 불구하고 조작하기 쉽다고 느끼는 도구에 대해 질문하였으며(표 5) 짧은 진행 시간을 고려하여 구조적 인터뷰(Formative interview)형식으로 진행하였다.

2.3 심층 인터뷰 결과

스마트폰 사용 이유

심층 인터뷰에 참여한 장애인의 스마트폰 구입 이유는 비장애인의 구입 이유와 차이를 보이지 않았다.

“친구들과 카카오톡을 하기 위해 구입했어요(P05).”

“휴대폰을 바꿀 때가 되었는데 스마트폰이 유행이더라구요(P01).”

신체 장애와 관련한 특수한 스마트폰 구입 의도가 생겼다는 응답은 없었으며 MIM, SNS 를 사용하기 위해(P02, P05, P06), 그리고 기존 피쳐폰에서 제공하던 기능 외 다양한 어플리케이션(인터넷, 지도, 게임 등)을 사용하고 싶어서 구매했다고 답했다(P03, P04, P08). 사회 참여와 도구적 사용을 위해 스마트폰을 사용한다는 비장애인 대상의 이전 연구 결과[22]와 다르지 않았다.

그렇지만 스마트폰의 기종을 선택할 때는 접근성 요소를 고려하는 것으로 나타났다.

“시중에 나와있는 것중에 화면의 크기가 가장 큰 것을 구입했어요(P03).”

“갤럭시 시리즈가 음성인식 기능이 가장 좋다고 들었어요(P01).”

모든 인터뷰 참여자는 손이나 팔의 움직임에 제약이 있기 때문에 더 수월한 사용을 위해 큰 화면을 선호한다고 답했다(P03, P08). 또한 스크롤,

화면 확대 등 멀티터치 제스처를 사용할 수 없어 보조 메뉴(assistive menu)가 있는 스마트폰을 선택하는 경우도 있었다(P7). 그 외 음성인식 기능의 성능(P01)이나 일정 시간 후 자동으로 전화가 받아지는 기능(P01, P06) 등 자신에게 필요한 접근성 기능이 있기 때문에 해당 스마트폰을 선택했다고 답했다. 이와 같은 접근성과 관련된 정보는 인터뷰 커뮤니티나 시설을 통해 같은 장애를 앓고 있는 동료들 통해 공유 받거나 재활기관에서 정보를 얻었다고 답했다.

자주 사용하는 어플리케이션 역시 비장애인의 그것과 큰 차이를 보이지 않았다.

“음... 카카오톡이나 인터넷을 가장 많이 사용해요. 아마 (비장애인과) 다를바 없을걸요?(P03).”

“스마트폰으로 남는 시간에 인터넷을 해요(P04).”

Falaki, Hossein, et al.는 그의 연구에서 비장애인 고등학생과 직장인의 어플리케이션 사용 비율을 조사하였으며 커뮤니케이션, 생산성, 브라우징, 순으로 어플리케이션을 사용한다는 결과를 도출했다[23]. 인터뷰 참여자들의 응답도 이와 대체로 일치했다. 대부분이 커뮤니케이션과 인터넷 기능을 가장 많이 사용한다고 답했으며(P01, P03, P05) 몇몇은 음성메모와 스케줄러 등 생산성 어플리케이션을 주로 쓴다고 답하기도 했다(P02, P08).

스마트폰 사용시 겪는 어려움 및 전략

스마트폰 사용에 있어서 장애 유형과 정도에 따라 각기 다른 어려움을 겪고 있었다.

“저는(비경직성 뇌성마비) 누르고 싶은걸 잘못 누르는 경우가 굉장히 많아요(P02).”

“(혀를 이용해서)버튼이 너무 작아서 누르기가 힘들어요(P04).”

“터치하는건 큰 어려움이 없지만 화면을 켜는 것이 많이 불편해요(P09).”

비경직성 뇌성마비 환자들은 대체로 정확한 터치에 큰 어려움을 호소했다(P01, P02, P03, P05). 비경직성 뇌성마비는 비정상적으로 움직이거나 의도와 다르게 움직이는 경우가 있어 원하는 지점에 정확하게 터치하기 힘들다. 경직성 뇌성마비를 앓고 있는 참여자와 척수손상 C5 레벨 이상의 참여자 중 일부는 혀, 손등을 이용해 스마트폰을 사용했는데, 이 때문에 정확한 터치가 힘들다고 말했다(P04, P07, P08). 스마트폰의 닿는 표면적이 손가락을 사용하는 경우보다 크기 때문이다. 척수손상 C8 레벨의 한 참여자는 스마트폰의 대기모드를 해제하기 위해 물리 버튼을 누르는 것에 어려움을 겪는다고 답했다(P09).



〈그림 4〉 물어서 물리 버튼을 누르는 P09

대기모드 해제를 위해서는 〈그림 4〉처럼 스마트폰을 들어 치아로 버튼을 물어야 했다. 이 참여자는 오히려 터치 입력이 물리 버튼을 누르는 것보다 더 편하다고 답했다.

“무릎에 미끄럼 방지 패드를 부착해서 써요(P06).”

“(장애용품 전문 상점에서)판매하는 막대(정전식 터치 스틱)가 너무 비싸서 집에서 (아내가) 만들어서 써요(P10).”

“전화기를 귀에 대거나 할 수 없어서 블루투스 이어셋을 항상 착용하고 있어요(P01).”

참여자 P06 은 스마트폰이 미끄러져 떨어지는 문제를 해결하기 위해 무릎 위에 미끄럼 방지 패드를 붙였다. 참여자 P10 은 장애용품 전문 상점에서 판매하는 입으로 물어쓰는 정전식 터치 스틱이 너무 비싸 아내의 도움을 받아 직접 만들어 사용하고 있었다. 또한 P01 은 전화를 받을 때 스마트폰을 들고 귀에 댈 수 없어 블루투스 이어셋을 항상 착용하고 있다고 말했다. 블루투스 이어셋을 활용하면 전화가 왔을 때 어깨를 이용해 전화를 받을 수 있기 때문이다. 이 응답들은 장애인들은 개인에게 맞는 다양한 전략으로 터치 디바이스를 사용하고 있었다. 장애인들을 위해 특별히 설계된 제품들은 가격이 비싸기 때문에 시중에 나와있는 제품을 주로 사용한다는 Kane et al.의 연구 결과를 확인하는 것이다[13].

조작하기 쉬운 도구

“아무래도 이제(전동휠체어가) 제일 편해요(P04).”

“하루 중 대부분의 시간을 전동휠체어 위에서 보내요(P01).”

“제 상태에 맞게 트랙패드를 이용해서 (컴퓨터를) 사용해요(P07).”

10 명의 인터뷰 참여자 모두 전동휠체어를 사용하고 있었으며 인터뷰 참여자 10 명 중 5 명이 가장 조작하기 편리한 도구로 전동휠체어의 조작을 꼽았다(P01, P02, P04, P06, P09). 5 명 모두 전동휠체어를 조이스틱을 이용하여 사용하고 있었다. P04 의 경우 상지를 움직일 수 없어 턱 아래에 조이스틱을 설치하여 사용하고 있었으며, P08 은 처음 전동휠체어를 구입했을 때 설치되어 있던 조이스틱의 모양이 불편하여 사용하기 쉬운 조이스틱 손잡이로 변경하여 사용하고 있었다. 가장 조작하기 쉬운 도구로 컴퓨터 보조기구를 꼽은 참여자도 있었다(P07, P10). 이들은 각각

트랙패드(P07), 헤드마우스 익스트림^⑩을 통해 컴퓨터를 사용하고 있었다. 전동휠체어와 컴퓨터 보조기구가 조작하기 편하다고 응답한 이유는 이 도구들이 모두 각자의 장애 유형 및 운동 능력에 맞게 개인화되어 있으며 재활기관을 통해 교육과 훈련을 받았기 때문이었다.

제 3 절 스마트폰 사용 관찰

스마트폰 사용하는 모습을 직접 관찰하여 상지운동장애인의 장애요소가 조작 수준에서 스마트폰 사용에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

3.1 스마트폰 사용 관찰 참여자 및 진행 과정

참여자는 심층 인터뷰와 동일한 구성으로 진행하였으며(표 6), 총 30 분 동안 연구자가 선정한 세 가지 과업을 수행하도록 요구하였다. 모든 과업은 참여자의 본인 스마트폰으로 진행했다. 과업은 ISO 9241-9[24]를 참고하여 Pointing, Dragging, List selection, Multiple Clicking 을 포함하면서, 스마트폰의 친숙도와 어플리케이션의 사용 경험이 영향을 미치지 않게 하기 위해 스마트폰의 기본 기능 위주로 선정하였다. 또한 각각의 과업은 난이도가 다르게 설계하였으며 버튼의 크기, 인터랙션 방법 등 스마트폰 조작에 관련한 다양한 측면을 보고자 하였다. 최종 선정된 과업은 전화 걸기, 문자 보내기, 인터넷 사용이었다.

전화 걸기는 연구자의 휴대폰 번호를 불러주고 참여자가 해당 번호로 전화를 거는 과업이다. 이 과업을 통해 참여자가 큰 버튼을 가장 기본적인 Tap 동작을 통해 사용할 수 있는지 알아보고자 하였다. 버튼의 크기는 짧은 변 기준으로 14mm 로 일정했다. Guerreiro et al.는 장애인의 터치 인터페이스 사용을 위한 버튼의 크기는 12mm 이상이어야 한다고 제안했다[10].

^⑩ Head mouse extreme, <http://www.orin.com/access/headmouse/>

문자 보내기는 참여자의 이름과 이메일을 연구자의 휴대폰 번호로 전송하는 과업이다. 이 과업은 사전 인터뷰에서 D1 과 D2 가 문자 입력에 어려움을 겪는다는 응답을 반영하여 추가하였다. 이 과업을 통해 작은 버튼을 Tap 동작을 통해 사용할 수 있는지 알아보고자 하였다.

인터넷 사용은 참여자가 속해있는 기관인 전주장애인복지관 혹은 국립재활원을 네이버(Naver) ⑫ 포털을 통해 검색하여 해당 홈페이지에 접속하는 과업이다. 이 과업을 통해 매우 작은 버튼을 Tap 과 Drag 제스처를 통해 사용할 수 있는지 알아보고자 하였다.

〈표 8〉 스마트폰 사용 관찰을 위한 과업 리스트

과업명	난이도	ISO 9241-9 요소	버튼 크기	과업 내용
전화 걸기	쉬움	Pointing	큼 (14mm)	연구자 번호를 불러주고 전화걸기
문자 보내기	중간	Pointing	작음 (5~8mm)	이름과 이메일 주소를 연구자에게 전송
인터넷 사용	어려움	Pointing, Dragging, List selection	다양함	포털을 통해 속한 기관을 검색 후 접속

3.2 스마트폰 사용 관찰 결과

3.2.1 전화 걸기 과업 관찰 결과

전화걸기 과업은 실험에 참가한 10 명 중 5 명이 한 번의 실수도 없이 과업에 성공하였다. 전화걸기 과업에 실패한 이유를 살펴보면, 일부

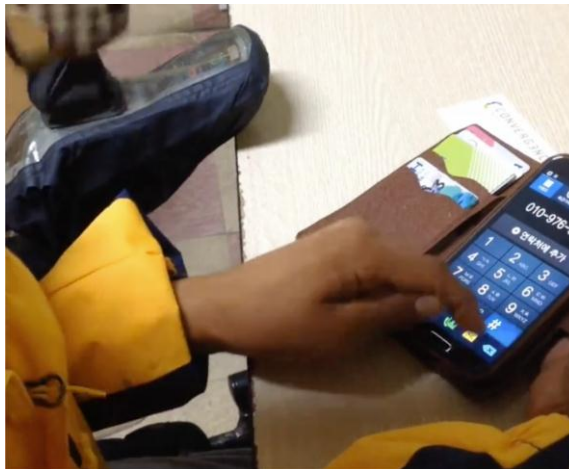
⑫ Naver, <http://www.naver.com>

참여자(P01, P03, P06, P08)의 경우 손가락 끝에 감각이 없어 버튼을 너무 길게 터치하는 모습을 보였다.



〈그림 5〉 터치 시간 조절 실패(P06)

이 때문에 〈그림 5〉 처럼 어플리케이션 실행하고자 했으나 아이콘을 옮기는 동작이 수행되어 버리는 경우가 발생했다(P06). P03 역시 버튼을 길게 누르는 오류를 범했는데 P03 의 스마트폰의 경우 전화걸기상에서 버튼을 길게 터치하면 단축다이얼 기능으로 넘어가버려 그렇지 않은 스마트폰을 가진 참여자들보다 더 큰 과업 수행의 어려움을 겪었다.



〈그림 6〉 살짝 건드려 오타가 발생한 경우(P01)

〈그림 6〉은 P01 이 전화번호를 누르다가 화면을 살짝 건드려 오타가 난 경우다. 터치 인터페이스의 민감한 특성이 오류를 발생시킨 것이다. 피쳐폰에서는 입력 중 다른 버튼을 살짝 건드려도 입력이 되지 않아 손가락을 버튼 위에 놓고 움직이는 것이 가능했다. 이와 관련하여 P01 은 버튼을 터치했을 때 입력이 되는 것이 아니라 손가락을 뗐을 때(release) 입력이 되었으면 좋겠다고 말했다.

이 외 발생한 에러는 심층 인터뷰 결과와 마찬가지로 의도했던 버튼을 누르지 못한 경우였다(P01, P02, P03, P05).



〈그림 7〉 불수의적 운동으로 인한 에러(P05)

〈그림 7〉은 뇌성마비 질환을 앓고 있는 P05 가 불수의적 운동으로 인해 의도하지 않은 버튼을 누르는 모습이다.

3.2.2 문자 보내기 과업 관찰 결과

문자 보내기 과업은 실험에 참여한 10 명 모두 한 번 이상 에러를 발생시켰다. 에러를 발생시킨 대부분의 이유는 작은 버튼 크기로 인한 오타였다. 특히 손가락을 사용하지 않는 사용자 P04, P07 은 각각 경직성 뇌성마비와 C5 레벨 이상의 척수손상장애로 인해 혀, 손등을 사용하여 터치를 하기 때문에 화면에 닿는 면적이 넓어 손가락을 이용하여 입력하는 참여자보다 많은 오타를 발생시켰다.

이들을 비롯한 모든 참여자는 키입력을 위한 전략으로 천지인, EZ-한글 등 버튼 수가 적고 크기가 큰 조합형 키패드로 바꾸어 사용하는 공통적인 모습을 보였다. 하지만 영어와 특수 문자 입력의 경우 작은 버튼이 나열된 QWERTY 형태의 키패드를 그대로 사용하고 있어 한글을 입력할 때 보다 더 많은 오타를 발생시켰다(그림 8).



〈그림 8〉 한글 입력(천지인)과 영문 입력(QWERTY)

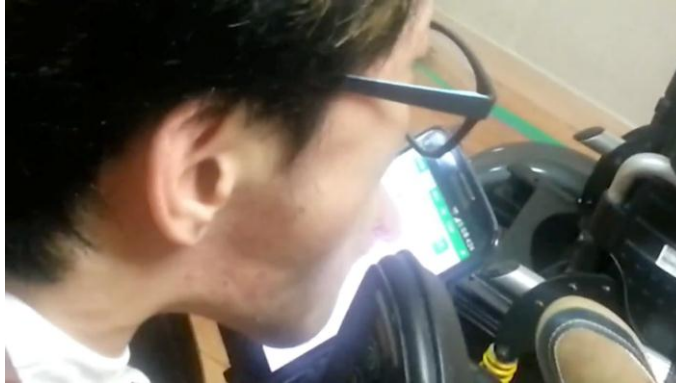
또한 조합형 키패드의 경우 복잡한 자음 혹은 모음을 입력할 때 여러 번의 입력이 필요하고 이 과정에서 오타가 발생했을 경우 복구하는데 큰 노력이 요구되었다. 예를 들어 천지인 키패드를 이용하여 자음 ‘ㄱ’을 입력하려면 ‘ㄱ’이 있는 버튼을 두 번 눌러야 하는데, ‘ㄱ’을 한 번 입력하고 실수로 다른 버튼을 누르게 되면 두 번의 삭제 후에 다시 ‘ㄱ’을 두 번 입력해야 하는 것이다.

3.2.3 인터넷 사용 과업 관찰 결과

인터넷 사용 과업도 문자 보내기 과업과 마찬가지로 실험에 참여한 10 명 모두 한 번 이상 에러를 발생시켰다. 과반수의 에러는 문자 보내기와 같은 작은 버튼 크기로 인한 오타였다.

모바일 웹에 존재하는 버튼들은 그 크기가 다양하지만 본 세션에서 접속을 요구한 포털 사이트의 경우 정보가 많고 버튼 크기 매우 작은 편이기 때문에 한 번에 정확한 Tap 입력을 하기가 쉽지 않았다. 때문에

원하는 버튼을 누르지 못하고 다른 버튼을 Tap 해 엉뚱한 링크로 이동하는 경우가 잦았다. 문자 보내기와 마찬가지로 손가락을 이용할 수 없는 경우 정도가 더 심했다(그림 9).



〈그림 9〉 혀를 이용한 인터넷 사용(P04)

흥미로웠던 점 중 하나는 상지운동장애인의 드래그(Drag) 제스처 사용이다. 인터넷 사용 과업에서의 Tap 동작은 많은 에러를 발생시켰지만 그에 비해 드래그 동작에서는 에러가 덜했다. Tap 동작에 비해 넓은 터치 면적을 이용할 수 있고 높은 정확도를 요하지 않기 때문이라 생각해볼 수 있다. 다만 힘조절이 힘든 일부 참여자의 경우에는 멈추고 싶은 지점을 지나치는 경우도 나타났다. 드래그하는 힘에 따라 가속도가 생기는 현재 드래그 방식이 이들에게 더 많은 에러 발생을 야기하는 것이다.

제 4 장 디자인 제언

앞 절에서 실시한 사용자 조사의 결과를 바탕으로 스마트폰 보조기구 설계에 대한 세 가지 디자인 가이드라인을 제시하였다.

제 1 절 비장애인과 똑같이 스마트폰 사용

사용자 조사 참여자들은 이전에 사용하던 피쳐폰이 터치 인터페이스보다 익숙하고 사용하기 편리하다는 것을 알고 있었지만 새로운 휴대폰 구입시 스마트폰을 선택했다. 심층 인터뷰 결과가 보여주듯 장애인의 스마트폰 구입 이유와 자주 사용하는 어플리케이션은 비장애인의 그것과 큰 차이가 없었다.



〈그림 10〉 스마트폰 사용을 힘들어하는 P03

자신의 스마트폰 사용이 비장애인과 다를 바 없다고 응답했던 참여자 P03 는 스마트폰 사용 관찰 세션에서 〈그림 10〉처럼 스마트폰 사용이 거의 어려울만큼 많은 에러를 발생시켰다. 이는 비장애인과 차별받고 싶지 않은 욕구를 투영하는 것이다.

이러한 그들의 요구에도 불구하고 One button application 과 같은 일부 장애인을 위한 연구에서는 기능(feature)의 제한을 통해 사용성을

높이는 방향을 취하고 있다. 이는 장애인이 원하는 방향이 아니며 비장애인과 똑같이 스마트폰을 활용하고 싶어하는 욕구에 반하는 것이다.

마찬가지로 어플리케이션 수준에서 각 어플리케이션에 대한 접근성을 높이는 방향도 전체적인 스마트폰 접근성 향상에 제약을 가진다. 왜냐하면 현재 존재하고 앞으로 개발될 모든 어플리케이션이 상지운동장애인을 위한 접근성 가이드라인을 따르는 것은 현실적으로 무리가 있기 때문이다.

따라서 어플리케이션 수준이 아닌 조작 수준의 솔루션을 통해 장애인도 비장애인과 같이 카카오톡, 페이스북, 게임 등 다양한 어플리케이션을 사용할 수 있게 해주어야 한다.

제 2 절 개인화된 물리적 인터페이스: 조이스틱

본 연구에서는 상지운동장애인 중에서도 척수손상장애인과 뇌성마비 환자들로 대상을 좁혔지만 연구 참여자 내에서도 운동기능 정도가 천차만별이었다.

그럼에도 심층 인터뷰에서 참여자들은 조작하기 편리한 도구로 전동휠체어(P01, P02, P04, P06, P09)와 컴퓨터 보조기구(P07, P10)라는 대체로 일치된 응답을 했다. 이 두 도구를 조작하기 편리하다고 느끼는 이유는 장애 유형과 운동능력에 맞게 개인화 할 수 있으며 교육과 훈련 과정을 거치기 때문이다. 또한 이들은 물리적 인터페이스 형태를 가지고 있는데, 이는 터치 인터페이스만큼 민감하게 동작하지 않아 거친 움직임으로도 사용 가능하며 물리적인 피드백을 받을 수 있는 장점이 있다.



〈그림 11〉 장애인 컴퓨터 보조기구 예시

이와 같은 측면에서 특히 전동휠체어를 조작하는 물리적 인터페이스인 조이스틱은 여러가지 가능성을 가진다. 우선 사용자 조사에 참여한 상지운동장애인 10 명 모두 상이한 운동 기능에도 불구하고 전동휠체어를 조이스틱을 통해 스스로 자유롭게 조작할 수 있었다. 또한 장애 유형과 운동능력에 맞게 조이스틱의 위치 혹은 손잡이를 변경하여 개인화할 수 있다는 장점도 있다. 만약 상지운동장애인이 조이스틱을 통해 스마트폰을 조작할 수 있다면 스마트폰에 대한 접근성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

제 3 절 빠른 입력보다 정확한 입력이 중요

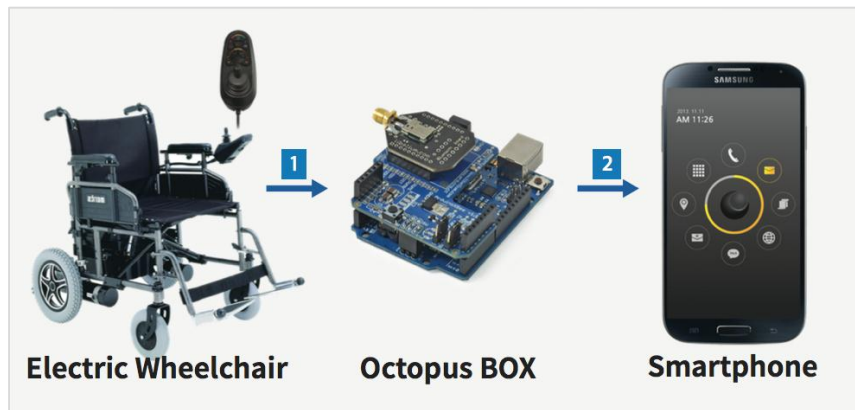
앞 장의 스마트폰 사용 관찰절에서 볼 수 있듯 스마트폰 터치 인터페이스의 특징인 민감한 입력은 상지운동장애인의 잦은 오류를 유발한다. 이 때문에 과업을 진행하는 시간보다 잘못된 입력을 지우거나 취소하는 행동에 훨씬 많은 시간이 소요됐다. 한 번의 잘못된 입력을 복구하기 위한 동작이 또 다른 오류를 연쇄적으로 발생시키는 경우가 빈번히 발생했다. 정확한 입력의 어려움으로 인해 오류 발생 빈도가 높은 상지운동장애인에게는 빠르게 입력할 수 있는 방법을 제공하는 것보다

오히려 오류를 줄이는 것이 더 필요하다. 또 오류 발생시 빠르고 쉽게 복구할 수 있는 방법이 필요하다.

제 5 장 시스템 구성 및 설계

앞 장에서 도출한 세 가지 디자인 제언을 통해 전동휠체어 조이스틱을 이용한 옥토퍼스 런처를 개발하였다. 옥토퍼스 런처는 전동휠체어의 8 방향 조이스틱을 이용하여 커서 방식으로 스마트폰을 조작할 수 있는 솔루션이다. 조이스틱의 8 방향 조작 특성에 맞게 유저 인터페이스(UI)를 설계하였으며 버튼 없이 보조 메뉴를 통해 탭, 스크롤, 홈, 뒤로 가기, 메뉴, 문자 입력 등 다양한 입력을 할 수 있다.

제 1 절 시스템 구성



〈그림 12〉 옥토퍼스 런처의 하드웨어 구성

본 솔루션은 전동 휠체어와 옥토퍼스 박스, 그리고 옥토퍼스 런처 어플리케이션으로 구성된다. 시중에 판매되는 전동 휠체어에 MCU 와 Bluetooth 모듈로 이루어진 옥토퍼스 박스를 설치하면 Bluetooth 연결을 통해 조이스틱으로 스마트폰을 조작할 수 있다. 간단한 모드 변경 버튼으로 운행 모드와 스마트폰 제어 모드를 변경해가며 사용이 가능하다.

1.1 전동휠체어와 조이스틱

전동휠체어는 건강보험공단 급여품목인 대세엠케어社의 HS-7200 제품을 사용하였으며 기본적으로 구성되어 있는 조이스틱을 사용하였다.



〈그림 13〉 주행-스마트폰 모드 전환 스위치

하나의 전동휠체어 조이스틱을 통해 전동휠체어와 스마트폰을 선택적으로 조작하기 위해 조작부와 구동부 사이에 스위치를 설치하였다(그림 13). 스위치를 누를 때 마다 전동휠체어 주행 모드와 스마트폰 사용 모드가 번갈아 전환된다. 상지장애인의 사용 편의를 위해 푸시 버튼을 사용하였으며 사용자는 LED 를 통해 현재 주행 모드인지 스마트폰 사용 모드인지 시각적으로 인지할 수 있다.

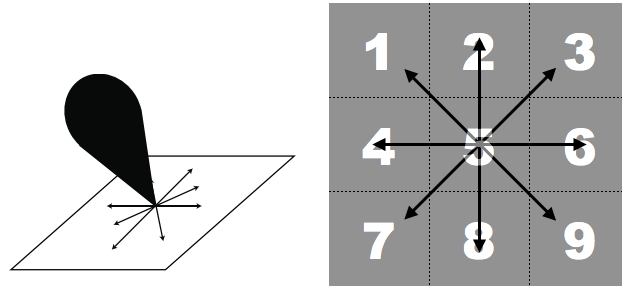
1.2 옥토퍼스 박스

옥토퍼스 박스는 MCU(Micro Control Unit)와 블루투스 모듈로 구성되며 MCU 는 아두이노 Uno 보드^⑮, 블루투스 모듈은 Chipsen 社의 BlueM-D100 제품을 사용하였다. 옥토퍼스 박스는 전동휠체어 조이스틱의 움직임을 받아 분석한 후 스마트폰으로 보내주는 역할을 한다.

전동휠체어 조작부 내부 신호를 시리얼 통신을 통해 수신하고 조이스틱의 움직임에 따라 발생하는 입력 신호를 분석한다. 이를 방향에 따라 1~9 까지의 번호로 변환한 후, 블루투스 모듈을 통해 스마트폰으로

^⑮ <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

전송한다(그림 14). 중앙 신호(5 번)을 제외한 방향 신호는 50ms 마다 전달되며 중앙 신호(5 번)는 옥토퍼스 런치 어플리케이션 내에서 커서의 상태를 검출하는 역할을 하기 때문에 중앙 위치에 왔을시 한 번만 송출한다.



〈그림 14〉조이스틱 신호 변환

1.3 옥토퍼스 런치 어플리케이션

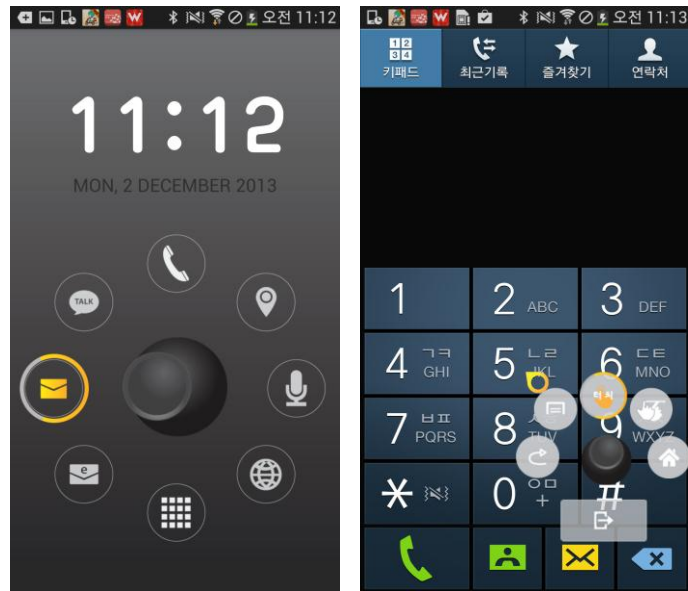
옥토퍼스 런치는 Android OS 기반 런치형 어플리케이션이다. 버튼 없는 8 방향 조이스틱에 최적화된 인터페이스로 설계되었으며 커서 방식을 통해 기존 모든 어플리케이션 사용이 가능하다. 추가로 전용 키패드, 장애인용 음성인식 기능을 제작하여 탑재했다.

개발에는 Android OS 4.0(ICS)가 탑재된 삼성전자 갤럭시 S4(SHV-e300S)가 사용되었다.

제 2 절 인터페이스 설계

옥토퍼스 런치 어플리케이션의 인터페이스는 별도의 버튼을 추가하지 않고 전동휠체어에 기본 설치되어 있는(Integrated) 조이스틱만으로 스마트폰을 사용할 수 있도록 설계되었다. 따라서 커서와 버튼으로 이루어진 시스템과는 다른 설계가 필요하다.

런치는 크게 메인 뷰(Main view)와 조작을 도와주는 보조 메뉴 인터페이스(Sub-menu Interface)로 구성된다(그림 15).



〈그림 15〉 옥토퍼스 런처의 메인 뷰와 보조 메뉴

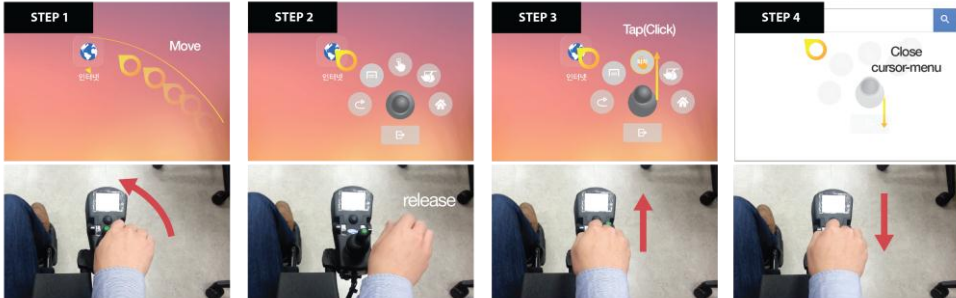
런처의 메인 뷰는 8 방향 조이스틱의 움직임을 반영해, 8 개 방향으로 애플리케이션을 배치하여 선택할 수 있게 하였다(그림 15). 메인 뷰의 애플리케이션 구성은 사용자가 변경할 수 있다.

보조 메뉴 인터페이스는 커서가 움직이다 멈췄을 때 나타나는 메뉴를 통해 기존 터치 인터랙션을 수행할 수 있게 한다. 다섯가지 메뉴인 뒤로 가기, 메뉴 키, 탭 제스처, 드래그 제스처 그리고 홈 키를 5 방향으로 제공하며 나머지 아래 3 방향은 보조 메뉴를 빠져나가 커서를 움직일 수 있게 한다(그림 15).

보조 메뉴 인터페이스 사용 방법은 〈그림 16〉과 같다.

- STEP 1. 조이스틱을 움직이는 방향에 따라 커서가 움직인다.
- STEP 2. 조이스틱을 놓으면 보조 메뉴가 나타난다.
- STEP 3. 원하는 입력쪽으로 조이스틱 움직임을 유지한다.

- STEP 4. 아래 방향으로 조이스틱을 움직이면 보조 메뉴가 닫히고 다시 커서를 움직일 수 있다.



〈그림 16〉 옥토퍼스 런처 보조 메뉴 조작 방법

정확한 입력을 위한 설계

이전 장의 ‘빠른 실행보다 정확한 입력이 중요하다.’는 제언을 반영하기 위해 입력의 지연을 통해 오류를 줄이고자 했다. 모든 기능은 사용자가 설정한 시간(기본 2 초)동안 해당 방향으로 조이스틱의 움직임을 유지하면 실행된다. 사용자 조사의 결과처럼 운동능력이 떨어지는 장애인은 한 번에 정확한 입력을 하는 것이 힘들기 때문이다. 시간이 지연되는 동안 아이콘 주위로 Progress Bar 가 채워지며 사용자는 시간이 얼마나 지났는지 인지할 수 있다(그림 17). 잘못 입력한 경우 Progress Bar 가 채워지는 동안 조이스틱의 방향을 바꾸어 사전에 에러를 방지할 수 있다.



〈그림 17〉 Progress Bar 예시

모든 메뉴의 중앙에는 실제 조이스틱 움직임과 함께 움직이는 이미지를 두어 현재 조작에 대한 확인이 가능하도록 했다. 이는 조작부(조이스틱)와 디스플레이(스마트폰)가 떨어져 있더라도 자신이 어느 방향을 선택하고 있는지 정확하게 인지할 수 있게 해주어 오동작을 줄일 수 있다. 이 기능이 없던 초기 프로토타입에서, 사용자는 자신의 입력을 확인하기 위해 조이스틱 쪽을 힐끔거리며 보는 행동을 했다.

커서 방식 채택

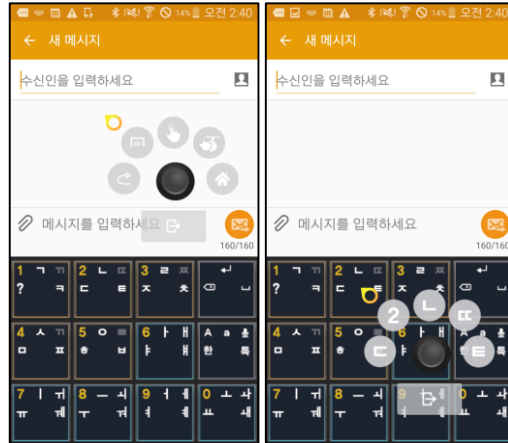
옥토퍼스 런처는 커서를 통해 포인팅하는 방식을 채택하고 있다. 이것은 컴퓨터 환경에서의 조작하는 것과 유사한 방식이기 때문에 컴퓨터를 사용해본 경험이 있는 사용자는 인터페이스 사용에 친숙함을 느끼게 된다.

또한 커서 방식은 화면상에서 2 차원으로 이동할 수 있기 때문에 장애인 대상 솔루션에 주로 사용되는 스캐닝 방식[25]이나 스위치 제어 방식^⑨에 비해 자유도가 높다. 뿐만 아니라 커서 방식은 어플리케이션 수준의 솔루션이 아닌 조작 수준의 솔루션이기 때문에 시중에 나와있는 기존 어플리케이션들을 대부분 사용 가능하다.

키패드 설계

상지운동장애인의 스마트폰 사용의 큰 걸림돌 중 하나인 문자 입력을 해결하기 위해 옥토퍼스 런처 조작 방식을 이용한 키패드를 설계하였다. 이 키패드는 한글, 영어, 숫자, 특수문자, 음성 입력을 지원한다. 버튼은 4x3의 그리드 배열로 배치되어 있으며 <그림 17>처럼 다섯 방향으로 문자가 표현되어 있다.

^⑨ Apple Switch Control, <https://support.apple.com/en-us/HT201370>



〈그림 18〉 옥토퍼스 런처의 보조 메뉴와 키패드 보조 메뉴

키패드 사용법은 옥토퍼스 런처의 기본 조작 방식과 유사하다. 키패드 바깥 영역에서 커서를 멈추면 기본적인 옥토퍼스 런처의 보조 메뉴가 나타나게 되고, 키패드 위에서 커서를 멈추면 해당 키에 지정되어 있는 다섯 개의 문자가 나타난다(그림 18). 마찬가지로 문자를 입력하고 싶을 경우 해당 방향으로 조이스틱 움직임을 유지하면 문자가 입력된다.

한글 키패드의 자모 배열은 자모 빈도 조사표[26]를 참고하였다(표 9).

〈표 9〉 한글 자모 빈도 조사표

(표본자소: 74782944, 자음: 59.81%, 모음: 40.19%)

순위	자음	빈도	백분율	순위	모음	빈도	백분율
1	ㅇ	9087252	0.2032	1	ㅏ	6446206	0.2145
2	ㄴ	6480010	0.1449	2	ㅣ	4831889	0.1608
3	ㄱ	5786126	0.1294	3	ㅡ	3760640	0.1251
4	ㄹ	4676606	0.1046	4	ㅓ	3336949	0.1110
5	ㅈ	4672190	0.1045	5	ㅗ	2928711	0.0975
6	ㄷ	3256155	0.0728	6	ㅜ	2375251	0.0790
7	ㅊ	2676114	0.0598	7	ㅋ	1540806	0.0513
8	ㅍ	2293480	0.0513	8	ㅓ	1394832	0.0464
9	ㅎ	2276447	0.0509	9	ㅕ	1286108	0.0428
10	ㅂ	1859263	0.0416	10	ㅖ	607145	0.0202
11	ㅆ	698837	0.0156	11	ㅑ	544377	0.0181
12	ㅌ	429463	0.0096	12	ㅗ	330639	0.0110
13	ㅍ	387597	0.0087	13	ㅛ	297720	0.0099
14	ㅋ	151206	0.0034	14	ㅜ	214347	0.0071
				15	ㅠ	156578	0.0052
합계		44730746	1.0000	합계		30052198	1.0000

높은 빈도를 가진 자음과 모음을 상지운동장애인이 조이스틱 입력이 가장 쉽고 답한 방향 순서(상-좌-우-후-좌상-우상-좌후-우후)로 배치하였다. 단, 사용자가 더 쉽게 찾게 하기 위해 같은 방향에 있는 자음끼리는 오름차순으로 재정렬하여 배치했다. 모음의 경우에도 자모 빈도를 고려하되, 구성이 비슷한 모음끼리 모아 배치하였다.

제 6 장 사용성 평가

사용성 평가는 성과 평가와 사후 평가로 나누어 수행했다. 성과 평가에서는 3 명의 장애인이 기존 방법으로 스마트폰을 사용할 때와 옥토퍼스 런치를 사용할 때의 비교를 통해 학습용이성, 효율성, 에러를 분석했다. 사후 평가는 15 명의 실제 상지운동장애인을 대상으로 SUS 평가(System Usability Scale)[27]를 진행했다.

제 1 절 성과 평가

실제 사용자가 옥토퍼스 런치를 어떻게 사용하고, 또 어떤 어려움을 겪는지 알아보기 위해 총 3 명의 상지운동장애인을 대상으로 성과 평가를 진행했다. 성과 평가는 최종적으로 시스템을 사용하는 사람이 얼마나 빠른 시간에 얼마나 적은 오류로 주어진 과업을 달성했는지 평가하는 과정이다[28].

1.1 성과 평가 참여자

국립재활원에서 생활하는 총 3 명(남자 2 명, 여자 1 명)의 상지운동장애인을 모집했다. 평균 나이는 32.67 세($SD=2.08$)였으며 모든 참여자가 자신의 스마트폰을 소유하고 있었으며, 모두 스마트폰을 사용이 아주 익숙하다고 답했다. 성과 평가 참여자는 모두 척수손상장애로 인한 상지운동장애를 가지고 있었으며 각 참여자의 척수 손상 레벨은 C5, C7, C8 이었다.

〈표 10〉 성과 평가 참여자 리스트

No.	성별	나이	장애 유형	스마트폰 기종	사용 기간	스마트폰 이용 부위
U01	남	31	척수손상(C5)	갤럭시노트 2	6 개월	손등
U02	여	32	척수손상(C7)	갤럭시노트 2	3 개월	손가락
U03	남	35	척수손상(C8)	갤럭시 S2	1 년	손가락

1.2 성과 평가 진행 과정

성과 평가는 총 50 분 동안 진행되었다. 진행 시간이 길었기 때문에 대상자의 특성상 욕창 및 피로 문제의 해결을 위해 10 분, 10 분, 20 분의 세 개 세션으로 나누어 진행했으며, 세션 사이마다 5 분의 쉬는 시간을 가졌다.

첫 번째 세션에서는 10 분 동안 스마트폰 및 옥토퍼스 런처에 대한 교육을 진행했다. 장애인은 대체로 낮은 디지털 기기 친숙도를 가지고 있기 때문에[29] 기본적인 스마트폰 사용 방법을 수행할 과업 위주로 교육하였다.

과업은 3 장 3 절의 스마트폰 사용 관찰에서 진행했던 세 가지 과업 중, 문자 보내기를 제외한 전화 걸기와 인터넷 사용을 선정했다(표 11). 단, 인터넷 사용은 전체 진행 시간의 단축을 위해 속한 기관의 이름을 검색하는 기존 과업 대신, 검색 포털을 통해 ‘hello’를 검색하고 사전(dictionary)페이지로 접속하는 것으로 변경하였다.

모든 과정은 분석에 활용하기 위해 사전 동의하에 개인 정보가 노출되지 않는 범위에서 녹화하였다.

〈표 11〉 성과 평가 과업 리스트

과업명	난이도	ISO 9241-9 요소	버튼 크기	과업 내용
전화 걸기	쉬움	Pointing	큼 (14mm)	연구자 번호를 불러주고 전화걸기
인터넷 사용	어려움	Pointing, Dragging, List selection	다양함	포털을 통해 'hello'를 입력하고 사전 접속

또한 옥토퍼스 런처 사용법에 대한 교육도 함께 진행했다. 수행할 과업에 대해 옥토퍼스 런처를 참여자가 사용에 익숙해질 때까지 반복적으로 연습하게 하였다. 만약 이 과정을 수행하지 않는다면 옥토퍼스 런처에 대한 학습성이 결과에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

두 번째 세션에서는 기존 사용하던 방법을 통해 스마트폰을 사용하는 세션을 10 분 동안 진행했다. 선정한 두 가지 과업을 기존 스마트폰을 사용하던 방법으로 사용하게 하였다.

마지막 세션에서는 20 분간 옥토퍼스 런처를 이용하여 동일 과업을 진행하도록 하였다. 두 번째 세션에서 진행했던 것과 같은 전화 걸기와 인터넷 사용 과업을 옥토퍼스 런처를 이용하여 수행하도록 했다.

1.3 성과 평가 기준

1.3.1 학습용이성

Linja-aho et al.는 학습성(Learnability)를 ‘새로운 사용자가 얼마나 효율적이고 에러 없이 빠르고 편안하게 시스템을 사용하는가’라고 정의한다[30]. 이는 무엇인가에 익숙해지는데 필요한 시간과 노력이 어느 정도인지를 살펴봄으로써 측정할 수 있다[31].

옥토퍼스 런처의 사용을 익히는 교육 세션에서, 사용자가 몇 번의 반복 수행을 통해 시스템에 익숙해지는지 측정했다. ‘시스템에 익숙해짐’은

사용자가 직접 익숙해졌다고 말하거나, 학습 곡선이 완만해지고 작업 수행 시간이 줄어들지 않는 때를 기준으로 정했다.

1.3.2 효율성

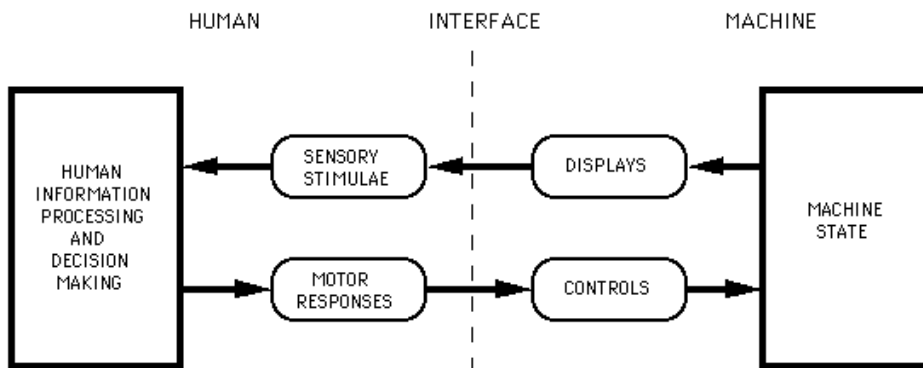
시간 기반 태스크는 어떤 제품에서건 효율성을 측정할 수 있는 뛰어난 방법이다[31]. 참여자가 태스크를 수행하는 데 걸리는 시간은 제품의 사용성에 대해서 많은 것을 말해준다[31].

같은 과업을 기존 방법으로 사용할 때와 옥토퍼스 런처를 사용할 때의 시간 비교를 통해 새로운 시스템의 효율성을 측정할 것이다.

1.3.3 에러

에러는 사용자 수행 능력을 평가할 수 있는 유용한 방법이다. 적절한 시간 내에 태스크를 성공적으로 완료할 수 있는 것도 중요하지만 제품과 인터랙션을 하는 중에 발생한 에러의 개수 역시 매우 의미가 깊다[31].

옥토퍼스 런처를 통한 과업 수행에서 발생하는 에러의 개수를 기록했다. 또한 전체 발생한 에러들을 종류에 따라 코드화하는 작업을 수행하였다. 에러 코드의 분류 기준은 MacKenzie 의 The human-machine interface 모델[32]을 참고하였다(그림 19).



〈그림 19〉 The human-machine interface. Input devices are the controls humans manipulate to change the machine state

〈표 12〉에러 코드 및 상세 설명

<i>CODE</i>	<i>상세 설명</i>
HM	사용자의 조작 의도가 운동 기능에 잘못 전달되는 경우
MC	정확하게 운동하였지만 조이스틱의 오작동이 발생하는 경우
CM	조이스틱 조작에는 문제가 없지만 시스템의 처리 장치로 잘못 변환되는 경우
MD	처리된 데이터가 디스플레이에 잘못 나타나는 경우
DS	디스플레이에 나타난 정보를 잘못인지하는 경우
SH	올바르게 지각된 정보를 잘못 판단하는 경우

1.4 성과 평가 결과

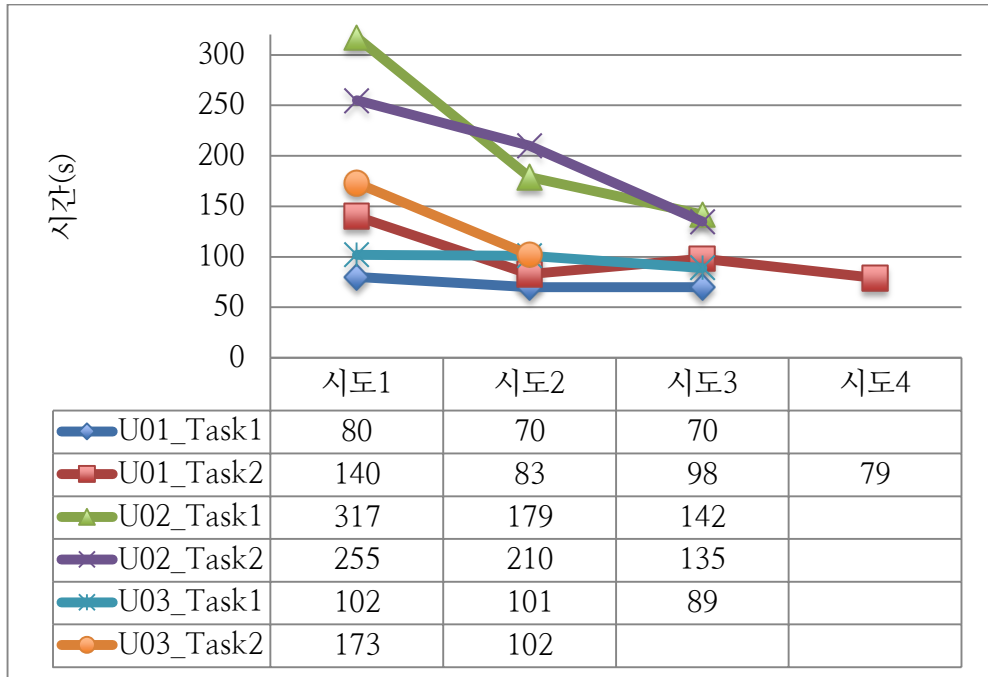
1.4.1 학습용이성 분석 결과

참여자들이 옥토퍼스 런치의 사용이 완전히 익숙해지기까지 전화걸기 과업(과업 1)은 평균 3 회, 인터넷 사용 과업(과업 2)의 경우 평균 3 회의 시도를 했다(표 13). 모든 참여자는 4 회 이하의 과업 수행 횟수만에 시스템에 완전히 익숙해졌다고 응답했으며, 참여자 U01 과 U03 이 대체로 비슷한 양상을 보였다.

참여자 U01 의 학습 용이성

참여자 U01 는 과업 1 은 3 회, 과업 2 는 4 회 수행한 후 옥토퍼스 런치 사용에 완전히 익숙해졌다고 답했다. 이 참여자의 경우 학습곡선의 기울기가 대체로 완만한 편이었다.

〈표 13〉 시도에 따른 수행 시간의 변화



과업 1 의 경우 처음 사용했을 때와 사용에 익숙해졌을 때의 시간차가 많이 나지 않았다(10 초). 처음 시도했을 때 시스템의 작동법을 어느 정도 인지했다고 생각해볼 수 있다.

과업 2 의 경우 처음 수행시간과 마지막 수행 시간에는 비교적 큰 차이가 있었으나(61 초), 두 번째 사용했을 때와 마지막 수행 시간간에는 많은 차이를 보이지 않았다(4 초). 오히려 두 번째 수행할 때의 수행 시간이 세 번째 수행할 때의 수행시간보다 15 초나 더 빨랐다. 2 회 사용 후 시스템의 작동법에 어느정도 익숙해졌다고 해석할 수 있다.

참여자 U02 의 학습 용이성

참여자 U02 는 과업 1, 과업 2 모두 3 회 수행한 후 옥토퍼스 런처 사용에 완전히 익숙해졌다고 응답했다. 이 참여자의 경우 학습곡선의 변화가 다른 참여자들에 비해 큰 편이었다.

과업 1 의 경우 처음 사용했을 때와 사용에 익숙했을 때의 시간차가 상당히 컸다.(175 초). U02 는 처음 시도했을 때 옥토퍼스 런처 사용법에 대해 매우 낯설게 느꼈다고 해석할 수 있다. 그러나 사용법을 익혀가면서 과업 수행시간이 큰 폭으로 변화하는(빨리지는) 양상을 보였다.

과업 2 의 경우 처음 수행시간과 마지막 수행 시간에는 큰 차이가 있었다(120 초). 시도 1 과 시도 2 의 시간 변화보다 시도 2 의 시도 3 의 변화가 더 컸다. 학습곡선의 기울기가 가파랐기 때문에 추가 시도시 더 많은 시간 단축이 있을 것이라 기대했지만, 참여자는 3 회 수행 후 완전히 익숙해졌다고 답했다.

참여자 U03 의 학습 용이성

참여자 U03 는 과업 1 은 3 회, 과업 2 는 2 회 수행한 후 옥토퍼스 런처 사용에 완전히 익숙해졌다고 답했다. 이 참여자도 U01 과 마찬가지로 학습곡선의 기울기가 대체로 완만한 편이었다. 전반적으로 U01 과 유사한 양상을 보였다.

과업 1 의 경우 처음 사용했을 때와 사용에 익숙했을 때의 시간차가 많이 나지 않았다(13 초). 처음 시도했을 때 시스템의 작동법을 어느 정도 인지했다고 생각해볼 수 있다.

과업 2 의 경우 처음 수행시간과 마지막 수행 시간에는 큰 차이가 있었다(71 초). 학습곡선의 기울기가 가파랐기 때문에 추가 시도시 더 많은 시간 단축이 있을 것이라 기대했지만 참여자는 2 회 수행 후 완전히 익숙해졌다고 답했다.

1.4.2 효율성 분석 결과

전화 걸기(과업 1), 인터넷 사용(과업 2)을 기존 스마트폰을 사용하던 방식과 옥토퍼스 런처를 통해 사용하게 하고 과업 수행 시간을 측정했다. 그 결과는 <표 14>와 같다.

〈표 14〉기존 방법과 옥토퍼스 런치의 과업 수행 시간 비교(단위: 초)

	U01		U02		U03	
	기존 방법	옥토퍼스 런치	기존 방법	옥토퍼스 런치	기존 방법	옥토퍼스 런치
과업1	실패	62	실패	144	30	88
과업2	실패	82	실패	135	39	106

세션의 시간이 한정되어 있었으므로 과업 수행시 5 회 이상 실패하면 과업의 실패로 간주했다. U01 과 U02 은 이전 사용자 조사에도 참여했었고 사전 리쿠르팅 기준에서 스마트폰을 사용할 수 있지만 어려움을 겪는다고 대답했지만, 기존 방법으로 스마트폰을 사용하는 것에 실패했다.

U01 의 경우 C5 레벨 이상의 척수손상장애를 가지고 있었기 때문에 손목을 비틀 수 없어 손등으로 스마트폰을 사용하고 있었다. 하지만 손가락보다 넓은 면적으로 사용하다보니 정확하게 버튼을 누르지 못해 기존 방법을 통한 과업 수행에 실패했다(그림 20). 그러나 옥토퍼스 런치를 통한 과업 수행은 가능했으며 심지어 수행 속도가 세 참여자 중 가장 빨랐다.



〈그림 20〉옥토퍼스 런치를 통해 스마트폰 사용이 가능해진 U01

U02 의 경우 C7 레벨 이상의 척수손상장애를 가지고 있었고 손가락의 움직임과 감각기능에 문제가 있었기 때문에 터치시 힘조절과 시간 조절에 실패하는 모습을 보이며 기존 방법을 통한 과업 수행에 실패했다(그림 21). 하지만 U01 과 마찬가지로 옥토퍼스 런치를 통한 스마트폰 사용은 가능했다.



〈그림 21〉손가락 운동 기능이 없는 U02의 옥토퍼스 런처 사용

U03의 경우 C8 레벨의 경증 척수손상장애를 가지고 있었기 때문에 다른 참여자들에 비해 상대적으로 높은 운동 기능을 가지고 있었다. 그렇기 때문에 오히려 기존 방법으로 스마트폰을 사용하는 속도가 옥토퍼스 런처를 사용할 때보다 월등히 빨랐다. 이 참여자의 경우 기존 방법 그대로 사용하는 것이 옥토퍼스 런처를 사용하는 것보다 더 효율적이라 할 수 있다.

위 결과에서 U01과 U02는 스마트폰을 사용할 수 없을 만큼의 운동 기능을 가지고 있었으나 옥토퍼스 런처를 이용하여 스마트폰을 사용할 수 있었다. 이는 기존 방법의 과업 실패로 인해 통계적으로 유의미함을 보여줄 수는 없지만 분명히 의미있는 결과다.

또 하나의 흥미로운 점은 더 중증의 상지운동장애를 가지고 있는 U01이 U03보다 옥토퍼스 런처 수행속도가 더 빨랐다는 것이다. 이 결과는 장애의 중증도와 스마트폰 접근성이 항상 비례하는 것은 아니며, 해법이 개인에 따라 달라야한다는 것이다. 만약 개인에 맞는 해법을 찾을 경우 경증 환자보다 더 스마트폰에 접근하기 쉬울 가능성도 있다.

1.4.3 에러 분석 결과

녹화된 옥토퍼스 런처를 통한 과업 수행 동영상들 통해 참여자들이 옥토퍼스 런처를 사용하며 어떤 에러를 발생시키는지 분석하였다. 내적 타당도를 위하여 연구자를 제외한 두 명의 연구자들이 코더로 참여하여 이 기준을 가지고 녹화된 비디오를 보며 각자 코딩을 실시하고 신뢰도를 검증하였다.

〈표 15〉 코더간 신뢰도 평가 결과

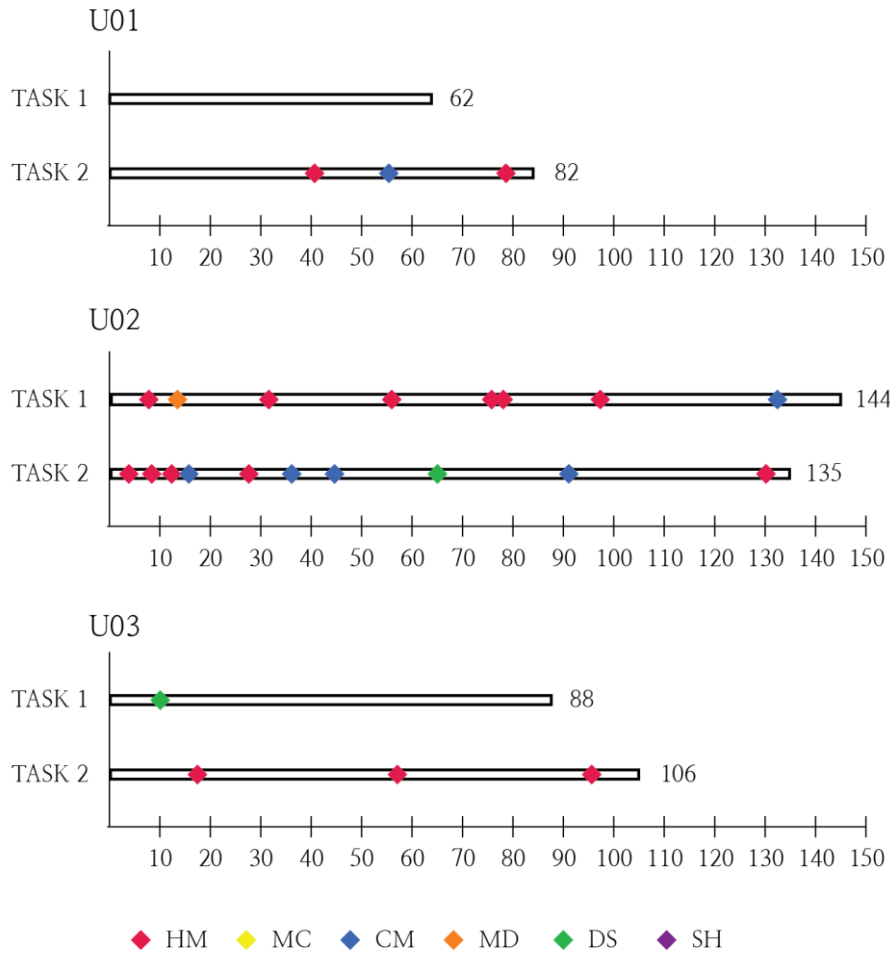
구분	코딩 수	일치한 수	신뢰도
HM	16	15	93.7%
MC	0	—	—
CM	5	5	100%
MD	1	1	100%
DS	2	1	50%
SH	0	—	—

분석 결과 전체 에러 발생 건수는 25 건이었으며 과업 1에서 9 건, 과업 2에서 16 건이 발생했다. 각 참여자별로 U01 3 건, U02 18 건 그리고 U03 이 4 건의 에러를 발생시켰다(표 16).

〈표 16〉 참여자별 에러 발생 횟수 (단위: 건)

	U01	U02	U03
과업1	0	8	1
과업2	3	10	3
합계	3	18	4

〈표 17〉 코드별 에러 발생 빈도 (단위: 초)



〈표 17〉에서 보듯, 에러는 특정 과업이나 시간에 치우치지 않고 골고루 나타나는 모습을 보였다. 발생 빈도는 HM 이 16 건으로 가장 많았으며 CM 이 5 건, DS 가 2 건 그리고 MD 가 1 건이었다. 나머지 MC, SH 코드와 관련된 에러는 나타나지 않았다.

각 코드 별로 좀 더 세분화하여 살펴보면 장애와 직접적인 연관이 있는 HM 코드에 관련한 에러로 커서를 움직이다가 조이스틱을 놓치는 경우나(8 건), 원하는 위치에 커서를 멈추지 못하거나(3 건), 대각선 입력의 어려움(4 건) 등이 나타났다. 시스템상의 에러인 CM 코드 관련해서는 커서를 멈춰도 보조 메뉴가 뜨지 않거나(2 건), 조이스틱을 움직여도 커서가

움직이지 않는(1 건) 등의 에러가 발생했다. 디스플레이에 나타난 정보를 잘못인지하는 경우인 DS 코드 에러로는 모두 프로그램스 바가 다 차기 전에 조이스틱을 놓아버리는 경우였다(2 건).

제 2 절 사후 평가

시스템을 사용한 후 그 사용성을 평가할 수 있는 방법은 여러가지가 있다. 컴퓨터 시스템의 사용성 평가를 위한 Jim Lewis 의 Questionnaire for User Interface Satisfaction(QUIS)[33], 매릴랜드 HCIL 에서 개발한 만족도 사용자 인터페이스 만족도 설문인 the Computer System Usability Scale(CSQU)[34], 마이크로소프트의 제품 반응 카드[35], System Usability Scale(SUS)[27] 등이 있다. Tullis et al.는 위와 같은 사후 평가 툴들을 이용하여 두 가지 웹사이트를 온라인 사용성 연구를 통해 평가하였다[36]. 그 결과 총 123 명의 참여자의 결과를 단 12 명의 임의 표본 규모로 100% 일치하는 결과를 얻어낼 수 있었다. 이는 다른 설문지보다 월등히 높은 비율이다[36]. 본 연구에서도 연구 대상의 특수성으로 인해 많은 수의 표본을 모집하기가 힘들기 때문에 적은 표본으로 높은 정확도를 보이는 SUS 를 사후 평가 도구로 선정하였다.

2.1 System Usability Scale

SUS 는 1986 년 John Brooke 에 의해 개발되었다. SUS 는 참여자들의 동의 수준을 평가하는 10 가지의 문장으로 구성되어 있다(표 13). 각각의 문장은 5 점 척도를 써서 평가되며, 긍정적인 문항(홀수 문항)과 부정적인 문항(짝수 문항)이 섞여 있다. 이 10 가지 문항 평가 결과를 0 에서 100 까지의 척도로 이루어진 전체 점수로 환산한다. SUS 점수를 계산하기 위해서 홀수 항목(1, 3, 5, 7, 9)의 점수는 항목의 점수에서 1 을 빼고, 짝수 항목(2, 4, 6, 8, 10)의 경우에는 5 에서 항목의 점수를 뺀다. 그 후 모든 점수를 더하고 2.5 를 곱하면 전체 SUS 점수가 된다[27].

2.2 사후 평가 참여자

전주중증장애인생활지원센터 혹은 국립재활원에서 생활하는 총 14 명(남자 13 명, 여자 2 명)의 상지운동장애인을 모집했다. 평균 나이는 34.7 세(SD=5.93)였으며 모든 참여자가 자신의 스마트폰을 소유하고 있었다. 각 참여자는 척수손상장애와 뇌성마비에 인한 상지운동장애를 가지고 있었으며 척수손상장애 8 명, 뇌성마비 환자 7 명으로 구성되었다(표 18).

〈표 18〉 사후 평가 참여자 리스트

No.	성별	나이	장애 유형	스마트폰 기종	사용 기간	스마트폰 이용 부위
U01	남	39	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시 S4	1 년	손가락
U02	남	27	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시 S4	8 개월	손가락
U03	남	32	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시노트 1	6 개월	손가락
U04	남	33	뇌성마비 (GMFCS LV5)	갤럭시 S3	1 년	혀
U05	남	23	뇌성마비 (GMFCS LV3)	아이폰 5	7 개월	손가락
U06	남	27	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시 S3	1 년	손가락
U07	여	32	뇌성마비 (GMFCS LV4)	갤럭시 S3	1 년 2 개월	손가락
U08	남	34	척수손상(C7)	갤럭시 S4	6 개월	손가락
U09	남	43	척수손상(C5)	갤럭시 S3	5 개월	손가락
U10	남	31	척수손상(C5)	갤럭시노트 2	6 개월	손등
U11	여	32	척수손상(C7)	갤럭시노트 2	3 개월	손가락

U12	남	35	척수손상(C8)	갤럭시 S2	1 년	손가락
U13	남	45	척수손상(C6)	갤럭시노트 2	6 개월	손가락
U14	남	49	척수손상(C4)	옵티머스지프로 2	3 개월	입(막대)
U15	남	39	척수손상(C4)	갤럭시노트 2	3 개월	입(막대)

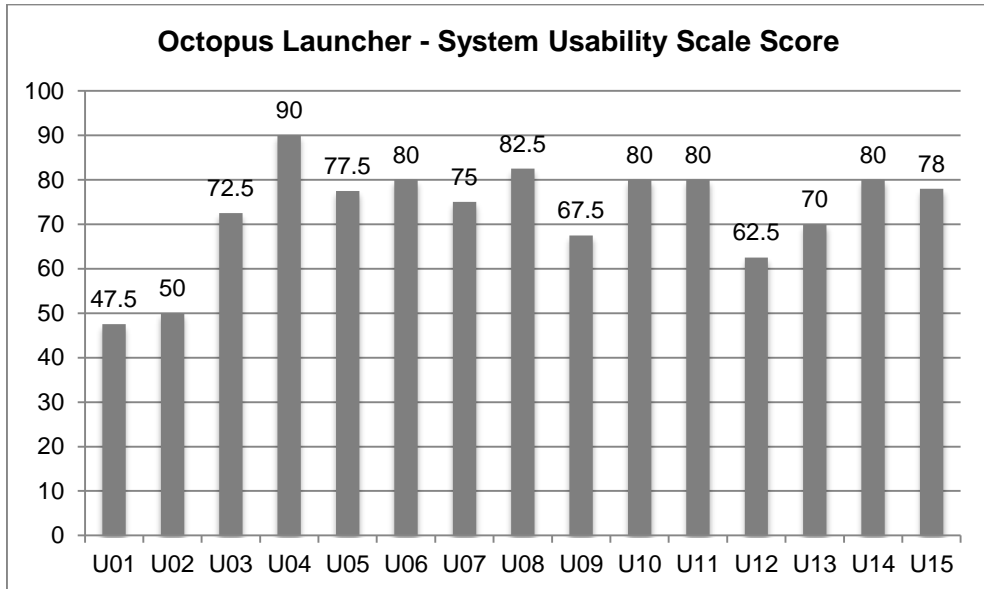
2.3 사후 평가 진행과정

사후 평가는 총 30 분 동안 진행되었다. 사후 평가는 사전 교육, 자유 사용, SUS 평가 순으로 진행했다. 사전 교육 세션에서는 10 분 동안 옥토퍼스 런치의 사용법을 구두설명과 시연을 통해 설명하였다. 자유 사용 세션에서는 20 분 동안 참여자가 자유롭게 시스템을 사용하도록 하였다. 사용자가 시스템을 사용하는 동안 연구자는 참여자의 질문에 대해 응답하였으며 평가에 영향을 줄 수 있는 말은 하지 않았다. 마지막 평가 세션에서는 SUS 평가 틀을 이용한 설문을 진행했다. 종이로 인쇄된 SUS 평가를 연구자가 없는 상태에서 작성하도록 요구했으며 독립적인 작성이 어려울 경우 활동 보조인을 통해 작성하거나 문자로 SUS 평가의 결과를 전송 받았다.

2.4 사후 평가 결과

SUS 평가를 통한 옥토퍼스 런치의 전체 평균 점수는 73 점이었으며 각 참여자별 SUS 평가 점수는 <표 19>과 같다.

〈표 19〉 옥토퍼스 런치의 참여자별 SUS 평가 결과



*옥토퍼스 런치 SUS 평가 전체 평균 점수: 73

SUS 평가의 기준 평균 점수가 68 점[37]이라는 것을 감안했을 때 73 점이라는 점수는 평균보다 높은 편에 속한다. 또한 이는 Sauro[38]의 기준에서 ‘B-’에 해당하며 상위 31~35%정도의 수치이며, 일부 항목에 차이는 있지만 Banor[39]의 기준에서 Marginal high 에 해당하는 그룹으로 ‘Excellent’에 해당한다.

참여자에 따라 SUS 평가 결과가 달라지는지 검정하기 위하여 다음과 같은 연구 상황을 설정하였다.

- 가설 1. 장애 유형과 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수는 관계가 있을 것이다.
- 가설 2. 나이와 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수는 관련이 있을 것이다.

- 가설 3. 스마트폰 사용 기간과 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수는 관련이 있을 것이다.

장애 유형과 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수가 관계 있을 것이라는 가설 1 을 검정하기 위해 독립 표본 t-test 를 실시하였다. 뇌성마비 환자(U01-U07)의 SUS 평가 평균 점수 70.357 점, 척수손상장애인(U08-U15) 75.062 점으로 척수손상장애인의 평가 점수가 상대적으로 높았으나 t 값이 -0.758(p=0.462)로 나타나 통계적 유의 수준 하(p<0.05)에는 차이가 없었다. 따라서 가설 1 은 기각되었다.

나이와 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수는 관련이 있을 것이라는 가설 2 의 검정 결과, t 값은 -0.590(p=0.566)로 통계적 유의 수준 하에서 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 가설 2 는 기각되었다(표 20).

스마트폰 사용 기간과 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수는 관련이 있을 것이라는 가설 3 의 검정 결과, t 값은 -0.999(p=0.338)로 통계적 유의 수준 하에서 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 가설 3 역시 기각되었다(표 20).

〈표 20〉 가설 2 와 가설 3 의 회귀분석 결과 해석(계수)

모형		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률
		B	표준오차	베타		
1	(상수)	90.026	20.925		4.302	.001
	나이	-.290	.491	-.175	-.590	.566
	스마트폰 사용 기간	-.926	.927	-.296	-.999	.338

a. 종속변수: SUS 평가 점수

위 검정 결과에 따르면 옥토퍼스 런치의 SUS 평가 점수는 장애유형, 나이, 스마트폰 사용 기간과 관련이 없으며 그 외 개인적인 평가 기준이 작용했음을 알 수 있다.

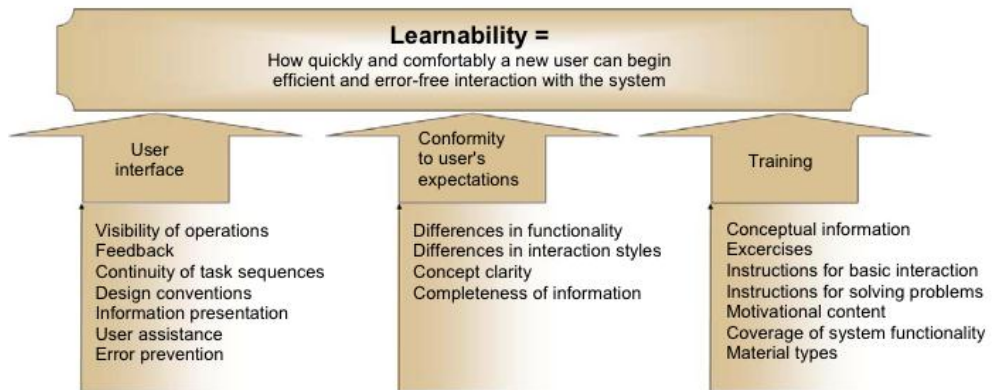
각 SUS 항목별 평균 점수는 <표 21>과 같다.

<표 21> System Usability Scale(SUS) 문항과 변환 평균 점수

No.	System Usability Scale(SUS) 문항	변환 평균 점수*
1	옥토퍼스 런처를 자주 사용하게 될 것 같다.	3.5
2	불필요하게 복잡하다.	3.0
3	사용하기 쉽다.	2.93
4	런처를 사용하기 위해서는 기술적인 도움을 주는 사람이 필요하다	2.07
5	런처에 있는 다양한 기능들이 잘 통합되어 있다.	3.29
6	너무 일관성이 없다.	3.07
7	대부분의 사람들이 이 런처의 사용법을 매우 빨리 배울 것이라고 생각한다.	2.43
8	사용하기에 매우 귀찮다.	3.36
9	런처를 사용하는 데 매우 자신감을 느꼈다.	3.71
10	런처를 사용하기 전에 많은 학습이 필요하다.	1.64

* SUS 평가 점수 변환 방식에 따라 0 - 4 점으로 변환하였으며 점수가 높을 수록 시스템에 긍정적인 응답임.

전체 문항 중 높은 점수를 기록한 상위 세 가지 문항은 9 번, 1 번, 5 번이었다. 반면 낮은 점수를 기록한 하위 세 가지 문항은 10 번, 4 번, 7 번이었다. 해당 항목들은 모두 학습(Learnability)과 관련된 항목들이다 [40]. 참여자들은 옥토퍼스 런처의 전반적인 사용성에 관해서는 대체로 긍정적인 평가를 했지만 학습과 관련된 항목에서는 상대적으로 부정적인 의견을 나타냈다.



〈그림 22〉 Overview of learnability factors

Linja-aho et al. 은 학습성을 높일 수 있는 요소로 *User Interface*, *사용자 기대와 일치도*, *훈련*과 관련된 18 가지의 요소를 제시한다 [30](그림 22). 위 요소들의 반영을 통한 학습성 개선작업이 진행되어야 한다.

제 7 장 토 론

제 1 절 학습성에 대한 고려

앞 장에서 실시한 사후 평가 결과 옥토퍼스 런처의 가장 큰 문제 중 하나는 학습성인 것으로 나타났다.

연구 초기, 학습성 문제는 Linja-aho et al.의 연구[30]에서 학습성과 관련된 요소로 분류하고 있는 *User Interface*, *사용자 기대와 일치도*, *훈련*의 세 가지 카테고리 중 *User Interface* 와 *사용자 기대와 일치도* 두 가지로 인해 발생한 문제일 것이라 예측했다. 왜냐하면 옥토퍼스 런처는 기존 터치 인터페이스나 마우스처럼 일반적으로 사용되는 방식이 아니라 새롭게 고안된 조작 방식을 도입했기 때문이다.

하지만 성과 평가의 결과를 보면 ‘사용자의 조작 의도가 운동 기능에 잘못 전달되는 경우’인 HM 에러와 조이스틱 조작에는 문제가 없지만 ‘시스템의 처리 장치로 잘못 변환되는 경우’인 CM 에러가 대부분이었다. 이는 앞서 예측했던 *User Interface*, *사용자 기대와 일치도*에 해당하는 카테고리가 아닌 *훈련* 카테고리에 속하는 문제이다. 따라서 *훈련* 카테고리의 하위 항목인 개념적 정보, 연습, 기본 인터랙션을 위한 설명, 문제점을 해결하기 위한 설명, 동기 부여가 되는 콘텐츠, 시스템 기능 범위, 그리고 재료 종류에 대한 고민이 더 필요했다. 이를 위해 추후 개발을 통해 어플리케이션 최초 설치시 수행할 수 있는 연습(Tutorial) 기능과 필요할때마다 호출하여 볼 수 있는 기능 소개 페이지를 추가하였다.

성과 평가에서 발견된 에러가 사용자가 느끼는 학습성 이슈를 모두 포괄할 수는 없으므로 나머지 두 카테고리에 대해서도 추후 연구를 통한 보완이 필요하다.

제 2 절 자유도와 정확도의 관계

미리 설정되어 있는 명령어를 입력하여 조작하는 CLI(Command Line Interfac)에서 별도의 인공적인 제어 장치 없이 사람의 자연스런 감각/행동/인지 능력을 통해 직접 교감하는 방식인 NUI(Natural User Interface) 까지, 입력 장치는 자유도가 높아지는 방향으로 발전하고 있다.

스마트폰은 이 대표적 사례 중 하나다. 피쳐폰은 기능이 미리 설정되어 있는 키패드 버튼을 통해 제한적으로 조작했지만 스마트폰은 화면 전체를 버튼으로 활용할 수 있고, 같은 영역을 터치하더라도 상황에 따라 다른 기능으로 동작할 수 있다.

이러한 발전 방향은 비장애인에겐 편리하지만 장애인에게는 그렇지 않을 수 있다. 인터페이스의 조작 자유도가 높아질수록 신체적인 움직임에 제약이 있는 장애인은 어려움을 느끼기 때문이다.

그렇다고 장애인의 조작을 위해 무조건 조작의 자유도를 낮추는 방향을 취하게 된다면 자유도가 높은 방식으로 사용하는 비장애인과 똑같은 기능을 사용할 수 없게될 것이다.

본 연구에서 제안한 옥토퍼스 런처는 입력 단계의 분절을 통해 정확도를 향상시켰다. (1)처음 단계에서는 오직 Pointing 동작만을 수행할 수 있다. 사용자는 조이스틱을 통해 커서를 자유롭게 움직일 수 있다. (2)커서 움직임이 멈추면 더 이상의 이동이 제한되고 조이스틱의 방향이 곧 입력이 되어, 보조 메뉴 인터페이스에 있는 뒤로 가기, 메뉴 키, 터치, 드래그, 홈 키, 보조 메뉴 닫기 기능만을 수행할 수 있게 제한된다.

이와 같이 입력 단계의 분절은 입력의 정확도를 향상시킬 수 있는 방법일 것이다. 하지만 너무 많은 단계로 분절하게 되면 입력 시간이 지연될 것이다.

제 8 장 결 론

제 1 절 연구의 요약

본 연구는 손이나 팔의 움직임이 불편한 장애인은 어떻게 스마트폰을 사용할 수 있을까?라는 질문에서 시작했다. 연구 대상의 특수성으로 인해 연구의 모든 과정은 사용자 중심 디자인 프로세스를 통해 진행되었다.

먼저 상지운동장애인에 대한 배경 지식 및 연구의 주의 사항을 알아보기 위해 의료진 및 전문가 그리고 장애인을 대상으로 사전 인터뷰를 진행했다. 인터뷰 결과 같은 장애나 질환을 가지고 있다고 해서 해당 장애인의 운동 기능 정도를 같다고 일반화할 수 없다는 것을 알 수 있었다. 또한 사전 인터뷰 참여자들은 일부 장애인의 경우 몸의 항상성을 유지하기 어렵기 때문에 25 도 이상의 실내에서 연구를 진행해야하며, 욕창에 대한 위험을 조언했다. 이후 모든 세션은 사전 인터뷰 결과를 충실히 반영하여 진행하였다.

이후 총 10 명의 상지운동장애인을 대상으로한 심층 인터뷰에서는 장애인의 스마트폰 구입 이유와 자주 사용하는 어플리케이션이 비장애인과 다른 없음을 알 수 있었다. 이를 극복하기 위해 개인화된 전략을 사용하고 있었으며 비싼 장애용품보다는 시중에 나와있는 저렴한 제품들을 활용하는 경향이 있었다. 또한 장애를 가짐에도 불구하고 조작하기 쉬운 도구로는 전동휠체어, 컴퓨터 보조기구 등이 있었으며 이 도구들은 모두 각자의 장애 유형 및 운동 능력에 맞게 개인화되어 있다는 공통점을 가지고 있었다.

스마트폰 사용 관찰 절에서는 실제 상지운동장애인이 우리가 정한 과업(전화 걸기, 문자 보내기, 인터넷 사용)을 수행하는 모습을 관찰하였다. 전화 걸기 과업에서는 터치 시간이 길어 다른 동작으로 넘어가버리거나 살짝 건드려 생기는 오류 등을 발견할 수 있었다. 문자 보내기 과업에서는 버튼의 크기가 큰 키패드로 바꾸어 사용하는 모습을 볼 수 있었으나 영문이나 특수문자의 키패드는 대부분 QWERTY 방식을 유지하고 있어

입력시 상당한 오류를 발생시켰다. 버튼이 큰 키패드는 정확한 입력에는 도움이 되지만 오타를 입력하거나 했을 때 복구하기는 QWERTY 키패드에서의 복구보다 번거러웠다. 인터넷 사용 과업에서도 역시 작은 버튼 크기로 인한 에러가 다수 발생하였고 Tap 동작보다 Drag 동작을 더 쉽게 사용하는 모습을 볼 수 있었다.

앞선 사용자 조사 결과를 통해 세 가지 디자인 제언을 도출했다. (1)비장애인과 같은 스마트폰 사용이다. 앞선 사용자 조사 결과처럼 장애인은 비장애인과 다르게 싶지 않아하며 실제로도 다르지 않았다. 그렇기 때문에 장애인을 위한 솔루션이 아닌 비장애인과 똑같이 사용할 수 있는 조작 수준의 솔루션이 필요하다. (2)개인화된 물리적 인터페이스이다. 선행 연구들에서 밝혀왔듯 상지운동장애인들은 터치 인터페이스를 사용하기 위해 물리적 도구들을 개인화하여 사용하는 경향을 보였다. 터치 인터페이스만큼 민감하게 동작하지 않으며 거친 움직임으로 사용 가능하고 물리적인 피드백을 받을 수 있는 장점이 있기 때문이다. 실제로 심층 인터뷰에서도 전동휠체어와 컴퓨터 보조도구를 가장 사용하기 편하다고 꼽기도 했다. 이런 측면에서 전동휠체어 조이스틱은 스마트폰 접근성을 크게 향상시킬 수 있는 큰 가능성을 가지고 있다. (3)빠른 입력보다 정확한 입력이 중요하다. 터치 인터페이스의 특징인 민감한 입력은 상지운동장애인의 잦은 오류를 유발한다. 때문에 오류를 연쇄적으로 발생시키는 경우가 빈번히 발생한다. 오류 발생 빈도가 높은 상지운동장애인에게는 빠르게 입력할 수 있는 방법보다 오류를 줄이고 빠르게 복구할 수 있는 방법이 필요하다.

이 세 가지 디자인 제언을 통해 전동휠체어 조이스틱 기반 스마트폰 솔루션인 옥토퍼스 런처를 개발했다. 옥토퍼스 런처는 전동 휠체어와 옥토퍼스 박스, 그리고 옥토퍼스 런처 어플리케이션으로 구성되어 있으며 버튼 없는 8 방향 조이스틱을 고려해 특화된 UI 로 설계되었다. 크게 메인 뷰(Main view)와 보조 메뉴 인터페이스로 구성되어 있다. 조이스틱으로 커서를 움직이고 커서가 멈췄을 때 보조 메뉴가 나타나며 원하는 기능이 있는 방향으로 조이스틱을 움직여 사용할 수 있다. 입력 지연과 가상의

조이스틱 이미지를 통해 정확한 입력을 돕는다. 또한 같은 방식을 이용한 키패드도 설계하였다.

개발한 옥토퍼스 런처에 대해 사용성 평가를 진행하였다. 평가는 성과 평가와 사후 평가로 나누어 진행했다.

성과 평가는 3 명의 상지운동장애인에게 전화 걸기와 인터넷 사용의 과업을 요구하고 이를 통해 학습용이성과 효율성, 그리고 에러에 대해 측정하였다. 참여자들은 평균 3 회의 수행을 거친 후 시스템의 사용에 익숙해졌다고 답했다. 효율성은 시간 기반 태스크를 통해 측정하였는데, 기존에 스마트폰을 사용하지 못하던 참여자 2 명이 옥토퍼스 런처를 통해 스마트폰을 사용할 수 있게 되었음을 알게 되었다. 또한 장애의 정도가 더 심한 참여자 (U01)가 덜 심한 참여자(U03)보다 더 빨리 과업을 수행하는 모습을 보였다. 이는 장애 중증도와 스마트폰 접근성이 항상 비례하는 것은 아니며 개인에 맞는 해법이 필요하다는 것을 의미한다. 비디오 레코딩을 통한 에러 분석 결과 장애로 인한 운동 기능적 에러가 월등히 높은 비율로 발생했으며 원하는 방향으로 조이스틱을 움직이지 못하거나 조이스틱을 놓치는 경우가 대부분이었다.

사후 평가는 SUS 평가(System Usability Scale) 툴을 이용하였다. 총 15 명의 상지운동장애인을 대상으로 했으며 10 분 사전 교육을 마친 뒤 20 분 자유 사용 후 평가지 작성을 요구했다. SUS 평가 결과 전체 평균 점수는 73 점으로 기준 평균 점수가 68 점인 것을 감안했을 때 높은 편에 속하는 것으로 나타났다. 점수는 장애 유형과 나이, 스마트폰 사용 기간과 연관 없었으며 그 외 개인적인 평가 기준이 작용했음을 알 수 있었다. 항목별 비교에서는 4, 10, 7 번 항목이 가장 낮은 점수를 기록했는데, 이는 옥토퍼스 런처의 학습성에 문제가 있음을 나타낸다. 그 외 항목에서는 대체로 긍정적인 평가를 받았다.

제 2 절 연구의 한계 및 시사점

본 연구는 상지운동장애인의 스마트폰 접근성에 대해 연구하고자 했으나 리쿠르팅의 한계상 척수손상장애인과 뇌성마비 환자로 대상을 축소하였다. 따라서 이 연구에서 제안한 옥토퍼스 런처가 모든 상지운동장애인에게 맞는 해법이라 말하는 것은 무리가 있다. 다만 뇌졸중, 중풍, 근육병 등 몇몇 질환은 뇌성마비나 척수손상장애인이 가지고 있는 운동 기능과 흡사한 면이 있기 때문에 그들에게도 분명히 도움이 될 수 있을 것이라 생각된다. 또한 인터뷰 및 사용성 평가의 참여자가 많지 않은 수이기 때문에 추후 연구를 통한 보완이 반드시 필요하다.

법제적인 한계로 인해 상용화에 어려움이 있다. 전동휠체어의 조작부, 즉 조이스틱을 개조하는 것은 식품의약품안전청의 의료기기법에 의해 금지되어 있다.

마지막으로 사용성 평가에서 발견한 문제들을 해결하지 못했다. 성과 평가에서 발견한 시스템적인 문제들과 사후 평가에서 발견한 학습성의 문제를 해결하지 못하였다. 이 역시 추후 연구를 통해 보완이 반드시 필요하다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 시사점이 있다.

첫 째, 상지운동장애인이 스마트폰을 사용하며 겪는 문제를 밝혀내고, 이를 통해 스마트폰 보조기구 설계에 대한 디자인 가이드라인을 제시하였다. 이 연구의 대상은 다소 특수한 집단인 상지운동장애인이다. 3 절에서 수행한 사용자 조사 결과는 상지운동장애인에 대한 배경지식이 없는 연구자가 연구를 시작하는 것에 큰 도움이 될 것이다. 또한 그를 통해 도출한 디자인 가이드라인은 보조공학 기술자들이 상지운동장애인을 위해 보조기구를 설계할 때 참고할 수 있다.

둘 째, 도출한 디자인 가이드라인을 바탕으로 전동휠체어 조이스틱을 이용한 스마트폰 솔루션, 옥토퍼스 런처를 개발하였다. 옥토퍼스 런처는

저렴한 가격으로 스마트폰을 사용할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 법적, 기술적 한계로 인해 현재로써는 한계가 있지만, 추후 실제 장애인에게 도움이 될 수 있도록 상용화를 추진할 것이다. 또한 고령화 사회에 들어서는 시점에서 옥토퍼스 런치의 독특한 컨셉과 UI 는 장애인 뿐만 아니라 노인의 사용에게도 큰 가능성이 있다. 뿐만 아니라 자동차 등 버튼 없이 조작해야하는 다른 분야에도 적용이 가능하다.

셋 째, 개발한 솔루션을 사용성 평가를 통해 검증하였으며, 검증을 통해 나온 발견은 관련 연구자들의 향후 연구에 대한 기회를 제공할 것이다. 사용성 평가 과정에서 스마트폰 사용 관찰에서 볼 수 없었던 새로운 문제점을 추가로 발견하였다. 이는 추후 연구 및 관련 연구자에게 도움이 될 것이다. 예를 들어 상지운동장애인이 커서 방법으로 조이스틱을 조작할 때 원하는 위치에 커서를 멈추지 못하는 경우가 발생하였는데, 이는 옥토퍼스 런치의 개선은 물론 관련 연구자에게도 영감을 줄 수 있는 부분이다.

제 9 장 추가 개발

옥토퍼스 런처의 상용화 한계를 극복하기 위한 추가 개발이 진행 중이다. 위 절에서 언급했듯이, 전동휠체어 조이스틱의 개조는 식품의약품안전청의 의료기기법에 의해 금지된다. 따라서 조이스틱을 개조하지 않고 옥토퍼스 런처를 사용할 수 있는 방법을 고안 중이다. 별도 조이스틱 외부 설치와 자이로 센서를 이용한 방법에 대한 프로토타입을 제작하였다.

첫 번째 방법은 별도 조이스틱을 외부에 설치하는 것이다.

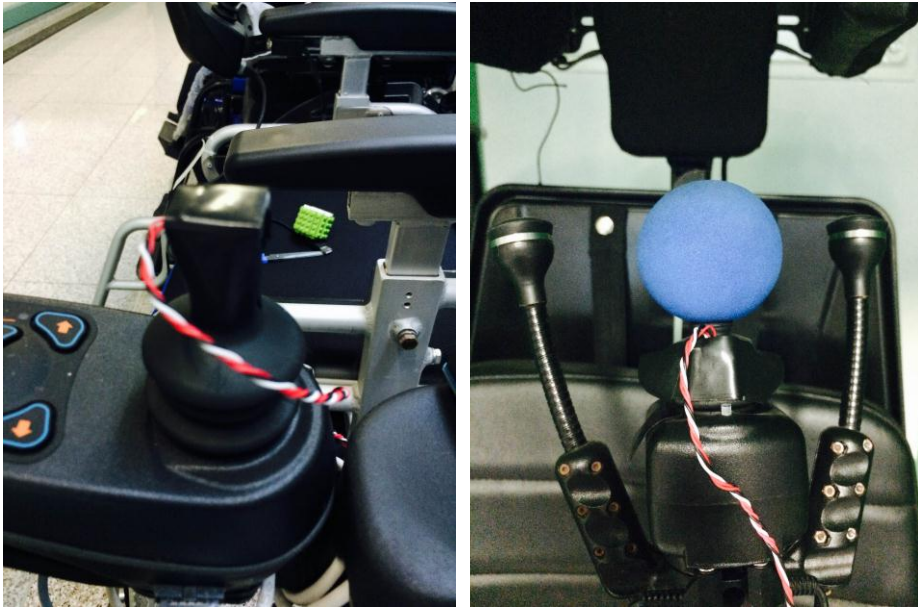


〈그림 23〉 별도 조이스틱 외부 설치(프로토타입)

이미 사용하던 전동휠체어 조이스틱을 사용하는 방식이 아니라 별도의 조이스틱을 추가로 설치하는 방법이다. 프로토타입은 조이스틱 모듈, MCU 그리고 블루투스 모듈로 구성되며 조이스틱 모듈은 DFROBOT 社의 Input Shield, MCU 는 아두이노 Mega 보드, 블루투스 모듈은 Chipsen 社의 BlueM-D100 제품을 사용하였다.

이 방법은 조이스틱을 개조하지 않아도 사용 가능하다는 장점이 있다. 하지만 별도의 장비를 추가로 설치해야하는 부담이 있으며, 병증 및 기능에 맞게 사용하던 조이스틱을 그대로 사용할 수 없다는 단점이 있다.

두 번째 방법은 자이로 센서를 이용한 방법이다.



〈그림 24〉 자이로 센서를 이용한 방법(프로토타입)

자이로 센서를 기존에 사용하던 조이스틱에 부착하여 사용하는 방법이다. 프로토타입은 자이로 센서, MCU 그리고 블루투스 모듈로 구성되며 자이로 센서는 MPU6050, MCU 는 아두이노 Uno 보드, 블루투스 모듈은 Chipsen 社의 BlueM-D100 제품을 사용하였다. 자이로 센서의 누적오차를 없애기 위해 칼만 필터를 통해 보정하였다.

원리는 6 축 자이로 센서를 조이스틱에 부착하고 조이스틱의 기울임 정도를 측정하고 블루투스를 통해 스마트폰으로 조이스틱의 움직임을 전송한다. 이때 〈그림 24〉처럼 사용하고 있는 조이스틱의 모양에 맞게 부착하는 부위를 다르게 해야한다. 〈그림 24〉의 첫 번째 사진은 전동휠체어 기본 조이스틱에 부착한 모습이다. 손으로 조이스틱의 옆 부분을 쥐게 되므로 조이스틱의 머리 부분에 설치하였다. 두 번째 사진 처럼 턱으로 조작하는 조이스틱의 경우에는 조이스틱의 머리가 아닌 옆쪽에 설치하였다.

이 방법은 조이스틱을 개조하지 않아도 사용 가능하다는 장점이 있다. 또한 기존 조이스틱을 사용할 수 있고 설치가 간편하다. 하지만 조이스틱의 사용과 전동휠체어 주행에 대한 모드 분별이 어려워 사용자에게 큰 혼란을 줄 수 있는 단점이 있다.

참고 문헌

- [1] H. Nicolau, T. Guerreiro, J. Jorge, and D. Gonçalves, “Mobile Touch Screen User Interfaces: Bridging the Gap between Motor-Impaired and Able-Bodied Users,” *...*, (*Special Issue Mob. ...*), pp. 1–22, 2012.
- [2] 보건복지부, 연도별 등록장애인 추이. 2013.
- [3] S. C. Kirshblum, S. P. Burns, F. Biering-Sorensen, W. Donovan, D. E. Graves, A. Jha, M. Johansen, L. Jones, A. Krassioukov, and M. J. Mulcahey, “International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011),” *J. Spinal Cord Med.*, vol. 34, no. 6, pp. 535–546, 2011.
- [4] M. Bax, M. Goldstein, P. Rosenbaum, A. Leviton, N. Paneth, B. Dan, B. Jacobsson, and D. Damiano, “Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005,” *Dev. Med. Child Neurol.*, vol. 47, no. 08, pp. 571–576, 2005.
- [5] R. Palisano and B. Galuppi, *Gross motor function classification system for cerebral palsy*. CanChild Centre for Childhood Disability Research, 1999.
- [6] 이재현, 디지털 문화. 서울: 커뮤니케이션북스, 2012.
- [7] I. Richardson and R. Wilken, “Haptic vision, footwork, place-making: A peripatetic phenomenology of the mobile phone pedestrian,” *Second Nat. Int. J. Creat. media*, vol. 1, no. 2, pp. 22–41, 2009.

- [8] S. N. Duff, C. B. Irwin, J. L. Skye, M. E. Sesto, and D. A. Wiegmann, "The effect of disability and approach on touch screen performance during a number entry task," in *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2010, vol. 54, no. 6, pp. 566 – 570.
- [9] C. B. Irwin and M. E. Sesto, "Performance and touch characteristics of disabled and non-disabled participants during a reciprocal tapping task using touch screen technology.," *Appl. Ergon.*, vol. 43, no. 6, pp. 1038 – 43, Nov. 2012.
- [10] T. Guerreiro, H. Nicolau, J. Jorge, and D. Gonçalves, "Towards accessible touch interfaces," *Proc. 12th Int. ACM SIGACCESS Conf. Comput. Access. – ASSETS '10*, p. 19, 2010.
- [11] M. E. Sesto, C. B. Irwin, K. B. Chen, A. O. Chourasia, and D. A. Wiegmann, "Effect of touch screen button size and spacing on touch characteristics of users with and without disabilities," *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.*, vol. 54, no. 3, pp. 425 – 436, 2012.
- [12] L. Anthony, Y. Kim, and L. Findlater, "Analyzing user-generated youtube videos to understand touchscreen use by people with motor impairments," *Proc. SIGCHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst. – CHI '13*, p. 1223, 2013.
- [13] S. K. Kane, C. Jayant, J. O. Wobbrock, and R. E. Ladner, "Freedom to roam: a study of mobile device adoption and accessibility for people with visual and motor disabilities," in *Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, 2009, pp. 115 – 122.

- [14] J. O. Wobbrock, B. A. Myers, and J. A. Kembel, “EdgeWrite: a stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion,” in *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 2003, pp. 61–70.
- [15] J. Froehlich, J. Wobbrock, and S. Kane, “Barrier pointing: using physical edges to assist target acquisition on mobile device touch screens,” *Proc. 9th ...*, pp. 19–26, 2007.
- [16] H. Ahn, J. Yoon, G. Chung, K. Kim, J. Ma, H. Choi, D. Jung, and J. Lee, “DOWELL: Dwell-time Based Smartphone Control Solution for People with Upper Limb Disabilities,” in *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2015, pp. 887–892.
- [17] Lab’Orange, “One-button Application.” [Online]. Available: <http://laborange.fr/>.
- [18] M. W. Brault and U. S. B. of the Census, *Americans with disabilities: 2010*. US Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, US Census Bureau, 2012.
- [19] A. M. Cook and J. M. Polgar, *Assistive technologies: Principles and practice*. Elsevier Health Sciences, 2014.
- [20] S. E. Sonenblum, S. Sprigle, F. H. Harris, and C. L. Maurer, “Characterization of power wheelchair use in the home and community,” *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 89, no. 3, pp. 486–491, 2008.

- [21] J. O. Wobbrock, B. A. Myers, H. H. Aung, and E. F. LoPresti, "Text entry from power wheelchairs: edgewrite for joysticks and touchpads," in *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, 2004, no. 77–78, pp. 110–117.
- [22] N. Park, Y.-C. Kim, H. Y. Shon, and H. Shim, "Factors influencing smartphone use and dependency in South Korea," *Comput. Human Behav.*, vol. 29, no. 4, pp. 1763–1770, 2013.
- [23] H. Falaki, R. Mahajan, S. Kandula, D. Lymberopoulos, R. Govindan, and D. Estrin, "Diversity in smartphone usage," in *Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services*, 2010, pp. 179–194.
- [24] ISO, "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 9: Requirements for non-keyboard input devices.," *Int. Stand. Int. Organ. Stand.*, p. ISO/DIS 9241–9, 2000.
- [25] C. E. Steriadis and P. Constantinou, "Using the scanning technique to make an ordinary operating system accessible to motor-impaired users. The 'Autonomia' system.," *Group*, vol. 8, no. B7, p. B6, 2002.
- [26] 김흥규 and 강범모, 한글사용빈도의분석. 고려대학교민족문화연구소, 1997.
- [27] J. Brooke, "SUS-A quick and dirty usability scale," *Usability Eval. Ind.*, vol. 189, no. 194, pp. 4–7, 1996.
- [28] J. W. Kim, "Human Computer Interaction," *Ahn Graph.*, 2012.
- [29] D. Buckingham, *The future of media literacy in the digital age: some challenges for policy and practice*. na, 2009.

- [30] M. Linja-aho, "Creating a framework for improving the learnability of a complex system," 2006.
- [31] W. Albert and T. Tullis, *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics*. Newnes, 2013.
- [32] I. S. MacKenzie, "Input devices and interaction techniques for advanced computing," *Virtual Environ. Adv. interface Des.*, pp. 437 – 470, 1995.
- [33] B. D. Harper and K. L. Norman, "Improving user satisfaction: The questionnaire for user interaction satisfaction version 5.5," in *Proceedings of the 1st Annual Mid-Atlantic Human Factors Conference*, 1993, pp. 224 – 228.
- [34] J. R. Lewis, "IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use," *Int. J. Human - Computer Interact.*, vol. 7, no. 1, pp. 57 – 78, 1995.
- [35] J. Benedek and T. Miner, "Measuring Desirability: New methods for evaluating desirability in a usability lab setting," *Proc. Usability Prof. Assoc.*, vol. 2003, pp. 8 – 12, 2002.
- [36] T. S. Tullis and J. N. Stetson, "A comparison of questionnaires for assessing website usability," in *Usability Professional Association Conference*, 2004, pp. 1 – 12.
- [37] J. Sauro and J. R. Lewis, "When designing usability questionnaires, does it hurt to be positive?," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2011, pp. 2215 – 2224.

- [38] J. Sauro and J. R. Lewis, *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research*. Elsevier, 2012.
- [39] A. Bangor, P. T. Kortum, and J. T. Miller, “An empirical evaluation of the system usability scale,” *Intl. J. Human – Computer Interact.*, vol. 24, no. 6, pp. 574 – 594, 2008.
- [40] J. R. Lewis and J. Sauro, “The factor structure of the system usability scale,” in *Human Centered Design*, Springer, 2009, pp. 94 – 103.

Abstract

Joystick-based Smartphone Control Solution for Motor Impaired People in Electric Wheelchairs

Ahn, Hyunjin

Program in Digital Contents and Information Studies

Department of Transdisciplinary Studies

The Graduate School

Seoul National University

The rapid spread of smartphones that use touch interfaces has greatly exacerbated the digital divide for the physically disabled population, especially people with upper-limb disabilities. This is because the upper-limb impaired (e.g., those with cerebral palsy or spinal cord injuries) have limited motor functions and involuntary movements, which makes it hard for them to use various types of touch gestures.

In order to solve this problem, we have conducted interviews with 10 upper-limb impaired individuals (i.e., either with cerebral palsy or spinal cord injury) about smartphone usage, and also observed their use of

smartphones. This research revealed the difficulties that the upper-limb impaired experience when using smartphones. It also suggests three design implications, which emphasize the importance of 1) the need for this population to use smartphones in the same way as non-handicapped persons, 2) the advantages of physical interfaces, and 3) accurate input instead of fast input.

Based on these three design implications we developed an Octopus Launcher, which is a smartphone control solution based on an electric wheelchair joystick. The Octopus Launcher is designed as a specialized user interface with an eight direction control method. It enables various types of text entry without use of a button. By using a cursor menu interface, it can carry out input activities such as tap, scroll, home key, back key, menu key, and text entry.

According to the results of user evaluations, the Octopus Launcher received positive evaluations on items other than the learning curve. Particularly, some of the participants who could not use the touch use interface on a typical smartphone were able to successfully use smartphones when accessed through the Octopus Launcher.

Keywords : Accessibility, Smartphone, Application, Upper Limb Disability, Spinal cord Injury, Cerebral palsy

Student Number : 2013-22408